UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA KULLKU"

TESIS

Presentado por:

BACH. **ESQUIVEL CHAÑI, MILAN**

BACH. **PINARES ONUCUYCA, GLORIA CARINA**

ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

CUSCO-PERU

2019

DEDICATORIAS

Lleno de regocijo de amor y esperanza, primeramente dedico este proyecto a Dios y a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, y sacrificio me lo he ganado.

A mis padres Rafael Esquivel y Rosa Chañi, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

Ser madre no es fácil, tengo tanto por agradecerte, cada día de mi vida te lo debo, gracias por tanta comprensión a lo largo de mi vida.

Has trabajado duro, y sin importar los obstáculos difíciles que tuviste nos sacaste adelante a todos tus hijos, la ayuda que me has brindado han formado bases de gran importancia, ahora soy consciente de eso, Muchas gracias papá.

A mi novia Gloria C. Pinares por creer siempre en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño, amor, y por su apoyo en los buenos y malos momentos que tuvimos en este reto y que hoy se hace realidad.

A mis hermanos Maribel, Nancy, Celia, Rafael Nelson, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Milan Esquivel Chañi

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia; mis padres y mi hermano que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos oportunidad y recursos para lograrlo. Agradezco infinitamente a mis padres Justino Pinares y Graciela Onucuyca quienes me han dado la existencia; y en ella la capacidad para poder superarme y por acompañarme en el paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, por que su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

A mi novio y compañero de tesis Milán Esquivel cuya ayuda ha sido fundamental, sé que este proyecto no fue fácil pero estuviste motivándome a seguir incluso en los momentos turbulentos y juntos poder lograr una de nuestras metas.

A Iván, Axel y Jazmín por la inspiración y motivación que representan para mí.

Gloria C. Pinares Onucuyca

RESUMEN:

La zona de estudio presa "kullko" se encuentra ubicado en la provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna. Hidrográficamente, la cuenca está emplazada en la cuenca del Rio Ilabaya.

El presente estudio que sirve como tesis pretende evaluar las características físico mecánicas de los suelos de fundación del eje y el vaso de la presa en el que se debe de embalsar un volumen total de 5,00 MMC para uso agrícola por lo tanto se hace necesario conocer los parámetros geológicos y geotécnicos que permitan conservar el dique con características adecuadas al terreno de fundación y garantizar la estanqueidad de la presa.

El clima en el territorio de Ilabaya es árido, con escasas lluvias y temperaturas medias anuales entre 16 y 20 grados centígrados. El clima de la zona es en general seco y frio, caracterizado por un periodo lluvioso durante los meses de diciembre a marzo; y uno de estiaje del mes de junio a agosto, constituyendo los otros meses de transición entre ambos periodos.

Geomorfológicamente; La zona de boquilla presenta una morfología en forma de uve, en cañón producto de la erosión del río Ilabaya y más concretamente de la acción del río Camilaca al que se une la quebrada Borogueña a esta altura, sobre el substrato andesítico.

Por lo que respecta al estribo derecho, muestra una topografía con una fuerte pendiente, con valores entre 45-50º, con algún sector que supera los 60º, mientras que el estribo izquierdo, su pendiente es un poco más suave, con valores del orden de 45º.

Dentro del grupo de fallas que afecta al área de estudio, destaca la gran falla regional de Incapuquio y un sistema de fallas de orientación Noreste que se encuentran al lado Norte de la falla Incapuquio, que es una falla regional reconocida y mapeada desde la frontera con Chile, ingresa por el borde Sur a inmediaciones de la hacienda Putina, de donde continúa con rumbo N 50° O por la esquina Suroccidental de la hoja hasta salir de ella por la localidad de Chejaya. Su traza en todo este tramo es de cerca de 31 Km. de longitud es bien conspicua y afecta principalmente a los volcánicos Toquepala y sólo en un pequeño sector del extremo Suroriental disloca a la formación Ataspaca.

El sistema hidrográfico está conformado por La Qda. Borogueña y el Rio Camilaca los cuales confluyen y conforman el rio Ilabaya. En las proximidades del encuentro de ambos ríos, aguas abajo, se ubica la presa Kullku. La naciente de Ilabaya queda a 4,800 m.s.n.m., en la falda oriental del cerro Tacalaya a unos 3 Km. al Sur del paraje de Huayllani (3,900 m.s.n.m.); en este trayecto recibe el aporte de numerosos riachuelos que drenan el sector oriental del nevado

Chuquiananta, los flancos Sur y Oeste del volcán Tutupaca y las pampas de Copapujo y Turun-Turun. El valle en el tramo indicado es angosto, de fondo plano y poco profundo con una pendiente general de 4%.

En el capitulo de geotecnia se da a conocer los aspectos tecnicos relacionados a mecanica de rocas (clasificacion del macizo rocoso, discontinuidad, RQD, RMR, etc.asi como el calculo de la capacidad portante, lo cual nos sevira para diseñar la subestructura del dique, como la profundidad de cimentacion del dentellon, tambien esta contemplado determinar las zonas de aprovisionamiento de materiales (canteras en volumenes necesarios para la costruccion del dique, asi como las obras de arte).

Desde el punto de vista geomecánico el macizo andesítico puede catalogarse como de buena con algún tramo regular o malo, con valores RMR superiores a 65. Presenta densidades entre 2.5 a 2.6 g/cm^3, con valores de cohesión entre 5 a 15 Mpa, ángulo de rozamiento entre 25º a 45º, compresión simple entre 247 a 264 Mpa.

la margen izquierda superficialmente presenta un macizo rocoso muy fracturado y suelto, esto se puede ver con notoriedad en la trocha carrozable hacia Cambaya, el espesor medio estimado mediante la geofísica de refracción de esta roca suelta está en el orden de 7.0 a 10.0 metros, y de acuerdo a las clasificaciones geomecánicas realizadas presenta una variación del RMR de 31 a 63, las rocas de calidad buena (EG-06, EG-09 y EG-11), regular (EG-05) y mala (EG-10).

El margen derecho presenta buenas condiciones geotécnicas, de acuerdo a la clasificación geomecánica presenta un RMR de 68 a 74 que corresponde al tipo II, la pendiente de las laderas en esta margen están en el orden de 1:4 y 1:1 con algunas zonas verticales.

ABSTRAC:

The study area dam "kullko" is located in the province of Jorge Basadre, Department of Tacna. Hydrographically, the basin is located in the basin Rio Ilabaya.

This study serves as thesis evaluates the physical characteristics mechanical foundation soil and the glass shaft of the dam in which it must

impound a total volume of 5.00 MMC for agricultural use therefore it is necessary know the geological and geotechnical parameters to retain the dam with appropriate to the subgrade and ensure the tightness of the dam features.

The climate in the territory of Ilabaya is arid, with little rain and average temperatures per year between 16 and 20 degrees Celsius. The climate of the area is generally dry and cold, characterized by a rainy period during the months of December through March; and one of dry season from June to August, constituting the other months of transition between the two periods.

geomorphologically; The nozzle area has a vee shaped morphology in product canyon Ilabaya river erosion and more specifically the action of the river Camilaca which joins the Borogueña broken at this point, on the substrate andesite.

As regards the right stirrup, it shows a topography with a steep slope, with values between 45-50, with a sector exceeds 60 °, while the stirrup left, its slope is a little softer, with values of 45 °.

Ilabaya respect to the bed of the river, to place ourselves in their nascent, it has a width between 2540 meters depending on the sector.

geologically; the study area of the section of water pipe for irrigation is located in the structures of Toquelapa Group, Moquegua and Training Huaylillas.

Within the group of faults affecting the study area, it highlights the major regional fault Incapuquio and system failures Northeast orientation are north side Incapuquio of failure, which is a recognized regional fault and mapped from the border Chile, South Rim enters the vicinity of Putina hacienda, where continues bound N 50 ° W by the southwest corner of the sheet to leave it the town of Chejaya. Its plan around this stretch is about 31 km. Long It is very conspicuous and mainly affects the volcanic Toquepala and only one small sector of the southeastern tip Ataspaca dislocates training.

The hydrographic system consists of QDA. Borogueña and the Rio Camilaca which they converge and form the river Ilabaya. In the vicinity of the meeting both rivers downstream the

dam is located Kullku. The Ilabaya river then joins Curibaya and They make up the Rio Locumba which ultimately discharges into the Pacific Ocean. the nascent Ilabaya is at 4,800 meters above sea level on the eastern slope of the hill Tacalaya about 3 km. south of the site of Huayllani (3,900 meters); in this way it receives input of numerous creeks that drain the eastern sector of Chuquiananta snow, flanks Tutupaca south and west of the volcano and the plains of Copapujo and Turun-Turun. The valley in indicated stretch is narrow, flat-bottomed and shallow with a general slope 4%.

In the chapter of geotechnics disclosed the technical aspects related to mechanical rocks (rock mass classification, discontinuity, RQD, RMR, etc.asi as bearing capacity calculation, which sevira us to design the psubestructura of dyke, as the foundation depth of the dentil, is also contemplated apro'visionamiento determine areas of materials (quarries volumes costruccion needed for the dam, as well as works of art).

From the point of view andesitic massif geomechanical can be categorized as good with some fair or poor stretch, with RMR values greater than 65. Presents density between 2.5 to 2.6 g / cm 3, with cohesion values 5 to 15 Mpa, angle friction between 25º to 45º, simple compression between 247-264 Mpa.

the left side surface has a very fractured and loose rock mass, this can be seen with notoriety in the waggon to Cambaya, the average thickness It estimated by refraction geophysical this loose rock is in the order of 7.0 to 10.0 meters, and according to the geomechanical classifications made presents a RMR variation from 31 to 63, rock quality (EG-06, EG-09 and EG-11), Regular (EG-05) and bad (EG-10).

The right bank has good geotechnical conditions, according to classification geomechanics has a RMR of 68 to 74 corresponding to the type II, the slope of the slopes in this range are in the order of 1: 4 and 1: 1 with some vertical zones.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS ..... **I**
RESUMEN: ..... **III**
ABSTRAC: ..... **V**
ÍNDICE GENERAL ..... **VII**
LISTA DE TABLAS ..... **XI**
LISTA DE FIGURAS ..... **XIII**
LISTA DE SIGLAS ..... **XIV**
LISTA DE SIMBOLOS UTILIZADOS ..... **XV**

INDICE DEL CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN **1**
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1.1. Descripción del problema: 1
1.1.2. Formulación del Problema 1
1.2. JUSTICIFICACIÓN 1
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 2
1.3.1. Objetivo General 2
1.3.2. Objetivos Específicos 2
1.4. ANTECEDENTES DE TRABAJOS ANTERIORES 2
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES 2
1.5.1. Hipótesis General 2
1.5.2. Hipótesis Específico 2
1.5.3. Variables 3
1.6. METODOLOGIA DE TRABAJO 3
1.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS 4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL **5**
2.1. MARCO TEÓRICO 5
2.1.1. ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS 5
2.1.2. MECÁNICA DE ROCAS 8
2.1.3. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD 11
2.1.4. CIMENTACIONES EN ARCILLAS EXPANSIVAS 11
2.1.5. CIMENTACIONES EN ROCAS 12
2.1.6. CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO 12
2.1.7. PRESAS 12
2.1.8. INTEMPERISMO 16
2.1.9. GEODINÁMICA EXTERNA 17

2.2. MARCO CONCEPTUAL 19
CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE EMBALSE 22
3.1. GENERALIDADES 22
3.2. UBICACIÓN 22
3.2.1. Ubicación del Área de Estudio 22
3.3. ACCESIBILIDAD 24
3.4. CLIMA Y VEGETACION 25
3.4.1. Meteorología y Clima 25
3.4.2. Vegetación 25
3.5. TOPOGRAFIA 26
3.5.1. Recopilación y Evaluación de Estudios Existentes 26
3.5.2. Trabajos de Campo y Gabinete 26
CAPITULO IV: GEOMORFOLOGÍA 29
4.1. INTRODUCCIÓN 29
4.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES Y LOCALES 29
4.2.1. Geoformas de Carácter Tectónico Degradacional y Erosional 29
4.2.2. Geoformas de Carácter Deposicional o Agradacional 30
4.3. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS 31
4.4. GEOFORMAS DE LA CUENCA 32
4.4.1. Zona Disectada 33
4.4.1. Superficie Huaylillas 33
4.5. GEOMORFOLOGIA DE LA CERRADA 34
CAPITULO V: LITOLOGÍA-ESTRUCTURAS 35
5.1. GENERALIDADES 35
5.2. ESTRATIGRAFÍA 35
5.2.1. Unidades Litológicas Regionales 35
5.2.2. Unidades litológicas locales 38
5.3. GEOLOGIA Y RASGOS ESTRUCTURALES DE LA ZONA 40
5.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 41
5.4.1. Rasgos Estructurales Regionales 41
5.4.2. Rasgos estructurales de la zona 43
5.4.3. Tectónica y Sismotectónica 44
5.4.4. Sismicidad de la zona 46
CAPITULO VI: HIDROLOGÍA- HIDROGEOLOGÍA 48
6.1. GENERALIDADES 48
6.1.1. Hidrografía-Sistema Hídrico kullko 48

6.1.2. Parámetros Fisiográficos 48
6.2. ESTUDIO DE LA PRECIPITACION 49
6.2.1. Información Disponible 49
6.2.2. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica 50
6.3. DETERMINACION DE CAUDALES MEDIOS 54
6.3.1. Revisión del Análisis de Caudales Realizado y Conclusiones 55
6.3.2. Variación del Caudal Mes a Mes 55
6.4. USOS Y DEMANDAS DEL AGUA 56
6.4.1. Usos Existentes 56
6.4.2. Cálculo de la Demanda de Agua para Riego 57
6.4.3. Balance Hídrico 57
6.5. HIDROGEOLOGÍA 58
6.5.1. Cuenca del Rio Ilabaya 58
6.5.2. Inventario de las Fuentes de Agua 59
6.5.3. Acuífero 60
CAPITULO VII: GEODINÁMICA 64
7.1. GEODINÁMICA INTERNA 64
7.1.1. Historia Sísmica 64
7.1.2. Información Sísmica Instrumental 64
7.1.3. Estudio Sísmico por el Método Probabilístico 65
7.2. GEODINÁMICA EXTERNA LOCAL 71
7.2.1. Caída o Desprendimientos de Rocas 71
7.2.2. Derrumbes 71
7.2.3. Flujos de Lodo o Huaycos 71
7.2.4. Abanico Aluvial 72
7.2.5. Erosión de Ribera 72
CAPITULO VIII: INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA 73
8.1. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD 73
8.1.1. Análisis de las Alternativas de Ubicación 73
8.1.2. Análisis de las Alternativas de Tipología 76
8.1.3. Determinación de la Solución Adoptada 77
8.2. CARACTERISTICAS TÉCNICAS 78
8.2.1. Presa y Embalse 78
8.2.2. Aliviadero 78
8.2.3. Obra de Toma/Desagües de fondo 79
8.2.4. Desvió del Rio 79

8.2.5. Sismicidad 79
8.3. DISEÑO DE LAS CARACTERISTICAS BASE DE LA PRESA 80
8.3.1. Resguardos 80
8.3.2. Ancho de Coronación 81
8.3.3. Definición de Secciones Tipo de Pantalla y Plinto 82
8.3.4. Muro parapeto 85
8.3.5. Aliviadero 85
8.3.6. Obra de desvío 87
8.3.7. Construcción de caminos y Accesos a Canteras y Botaderos 93
8.4. COSTOS Y PRESUPUESTOS 94
8.5. GEOTÉCNIA 96
8.5.1. Descripción 96
8.5.2. Caracterización Geotécnica de la zona 96
8.5.3. Análisis de Estabilidad en Suelos-Roca (taludes) 105
8.5.4. Análisis de Estabilidad en Rocas 111
8.5.5. Características Geológico-Geotécnicas en la Zona de la Presa 113
8.5.6. Capacidad Portante del Macizo Rocoso 124
8.5.7. Trabajos de Campo: 127
8.5.8. Ensayos de Laboratorio 141
8.5.9. Estudio de Canteras 142
CAPITULO IX: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL 153
9.1. GENERALIDADES 153
9.2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES 153
9.3. PLAN DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN O CORRECCIÓN DEIMPACTO 155
9.4. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL 156
9.5. PLAN DE CONTINGENCIAS 157
9.5.1. Distribución general del plan de contingencia 158
9.5.2. Manejo de contingencias 158
CAPITULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 159
10.1. CONCLUSIONES 159
10.2. RECOMENDACIONES 161
ANEXOS 162

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del macizo rocoso según el total de valuación (RMR) 10
Tabla 2: Calidad de Roca 10
Tabla 3: Número de Fracturas por metro lineal 18
Tabla 4: Grado de Alteración matriz Rocosa 19
Tabla 5: Clasificación de las Unidades Geomorfológicas 29
Tabla 6: Parámetros Fisiográficos - Cuencas Camilaca, Borogueña y Kullku 32
Tabla 7: Parámetros de la Cuencas Kullku 49
Tabla 8: Red de Estaciones Meteorológicas Proyecto Kullku 49
Tabla 9: Series pluviométricas empleadas en el Estudio 52
Tabla 10: Precipitación y Altitud de Estaciones 53
Tabla 11: Disponibilidad Hídrica en la cabecera del bloque Chejaya-Ilabaya-Mirave 54
Tabla 12: Resultados de Estimación de Caudal en Kullku 54
Tabla 13: Parámetros hidrológicos en Cuencas Borogueña, Camilaca y Kullku 54
Tabla 14: Balance Hídrico en Situación Actual (en MMC) 57
Tabla 15: Balance Hídrico en situación con proyecto (en MMC) 58
Tabla 16: tabla Resultados obtenidos con los Ensayos de campo 60
Tabla 17: Coordenadas Geográficas de las Fuentes de Subducción, Superficiales y de las Fuentes Continentales 68
Tabla 18: Coordenadas Geográficas de las Fuentes de Subducción Intermedias y Profundas 69
Tabla 19: Valores de aceleración Horizontal Máxima esperada en roca – PGA 69
Tabla 20: Volumen del Embalse vs Alturas de Presas 73
Tabla 21: Ubicación de los Ejes Propuestos 74
Tabla 22: Síntesis de Resultados de la Sobreelevación 80
Tabla 23: Cálculo del Resguardo Mínimo 80
Tabla 24: Determinación del Ancho de Coronamiento, Según diferentes Formulaciones 81
Tabla 25: Síntesis de resultados del muro de parapeto, con los requisitos de estabilidad, tanto a vuelco como a deslizamiento 85
Tabla 26: Puntas de Avenidas para Periodos de Retorno de 1000 y 10000 años 86
Tabla 27: Esfuerzos Máximos en cada Hipótesis de Cálculo en la Solera 90
Tabla 28: Esfuerzos Máximos en cada Hipótesis de Cálculo en los Hastiales 90
Tabla 29: Esfuerzos de Cálculo de la sección de 0,625m, que Corresponden al Mayor Momento Positivo Concomitante con el Menor axil 90
Tabla 30: Esfuerzos de Cálculo de la Sección de 0,3 m, que Corresponden al Mayor Momento Negativo Concomitante Con el Menor axil 91
Tabla 31: Esfuerzos Máximos en Cada Hipótesis de Cálculo en la Bóveda 91
Tabla 32: Esfuerzos de Cálculo de la Sección, que Corresponden al Mayor Momento en Valor Absoluto Concomitante con el Menor axil 92
Tabla 33: Presupuesto de Obra para la Presa 94
Tabla 34: Análisis de Gastos Generales 95
Tabla 35: Parámetros Obtenidos en los Ensayos de Laboratorio y en el Campo 98
Tabla 36: Parámetros Estimados Según las tablas de Valores Recomendados 98
Tabla 37: Parámetros Asumidos Para la Roca Intacta 100
Tabla 38: Resultado de la Resistencia de las Discontinuidades 101
Tabla 39: Parámetros de Resistencia del Macizo Rocoso 102
Tabla 40: Resumen de Resultados de las Estaciones Geomecánicas 104
Tabla 41: Valores de las Constantes de una Roca 108

Tabla 42: Parámetros Geotécnicos de los Estratos del Margen Izquierdo 109
Tabla 43: Parámetros Geotécnicos de los Estratos del Margen Derecho 109
Tabla 44: Factores de Seguridad Obtenidos para las Diferentes Secciones y las Diferentes Situaciones 110
Tabla 45: Características del Material del Estribo Derecho 114
Tabla 46: Características del Material del Estribo Izquierdo 117
Tabla 47: Permeabilidades de los Ensayos Realizados en las Catas 120
Tabla 48: Resumen de las Estaciones Geomecánicas EG-2, EG-3 y EG-4 123
Tabla 49: Ensayos de Campo Ejecutados 127
Tabla 50: Resumen de los Sondeos Realizados 128
Tabla 51: Resumen de Calicatas o Trincheras realizadas 129
Tabla 52: Grados de Excavabilidad 130
Tabla 53: Grados de Estabilidad en Calicatas 131
Tabla 54: Grado de Permeabilidad del Suelo 134
Tabla 55: Estaciones Geomecánicas Realizadas 136
Tabla 56: Resumen de Datos Obtenidos en Campo con el Martillo de Schmidt 137
Tabla 57: Resumen de Trabajos Realizados 138
Tabla 58: Resumen de los S.E.V Realizados 140
Tabla 59: Ensayos de Laboratorio 142
Tabla 60: Componentes y Factores Ambientales Potencialmente Afectados 155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Macrolocalización del Proyecto 23
Figura 2: Microlocalización del Proyecto 23
Figura 3: Mapa vial del departamento de Tacna 24
Figura 4: Diagrama fluvial del Sistema Hídrico Kullku 48
Figura 5: Análisis gráfico de series pluviométricas 50
Figura 6: Doble Masa; Estaciones Tacalaya, Cairani, Qda. Honda y Suches 51
Figura 7: Variación de Precipitación con Altitud 53
Figura 8: Variación mensual, caudales promedio 55
Figura 9: Esquema Topológico 56
Figura 10: Balance hídrico sin proyecto 57
Figura 11: Balance Hídrico con Proyecto 58
Figura 12: Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas 67
Figura 13: Aceleración para la Ordenada espectral T = 0.0 seg. 70
Figura 14: Probabilidad de Excedencia 70
Figura 15: Imagen Satelital de los Ejes Iniciales A-1, A-2 y A-3 73
Figura 16: Ubicación de los Ejes Propuestos 74
Figura 18: Desplazamiento de la pantalla al ser solicitada por la carga de embalse 84
Figura 19: Sección Adoptada tipo Baúl 88
Figura 20: Esquema de la sección en el modelo de barras empleado 89
Figura 21: Sección tipo Ataguía 92
Figura 22: Caminos Existentes en situación actual 93
Figura23: Plano de la Reposición del camino y la situación futura de la estructura de paso 94
Figura 24: Sección Georesistiva A.-A' Zona de confluencia del río Camilaca con la quebrada de Borogueña) 97
Figura 25: Sección sísmica F-F' Zona de boquilla (Colores rojo y verde se corresponden con los materiales detríticos cuaternarios) 98
Figura 26: Plantilla para clasificación JRC 101
Figura 27: Sección Georresistiva F-F' 117
Figura 28: Sección sísmica B-B´. 118
Figura 29: Sección sísmica C-C´ 118
Figura 30: Leyenda para las secciones sísmicas. 119
Figura 31: Sección Georresistiva D (realizada en el entorno del eje de la presa) 119
Figura 32: Tabla de Valores de K en cm/seg 120
Figura 33: Representación del criterio de rotura de Hoek&Brown, en el espacio de tensiones normal y tangencial. 125
Figura 34: Presiones de contacto admisible presuntas para zapatas en el Estado Límite de Servicio 127
Figura 35: Calicata de reconocimiento- situación de los ensayos en campo 130
Figura 36: Localización de las estaciones geomecánicas. 136
Figura 37: Emplazamiento de líneas sísmicas. 138
Figura 38: Emplazamiento de líneas sísmicas 139
Figura 39: Emplazamiento S.E.V. 140

LISTA DE SIGLAS

ASTM: American Society for Testing and Materials.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de suelos.

AASTHO: American Association of State Highway Officials

NPT: Norma Técnica Peruana.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

RMR: Rock Mass Rating.

RQD: Rock Quality Designation.

CBR: California Bearing Ratio.

MMC: Millones de Metro Cúbicos.

UTM: Unidad Transversal Mercator.

INGEMMET: Instituto Geológico Minero Metalúrgico.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

SRF: Factor de Reducción por Tensiones.

NAMO: Nivel de Aguas Máximas Ordinarias.

NAME: Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.

NAMIN: Nivel de aguas Mínimas.

Mpa: Megapaskales

IGT: International Game Technology.

W: OPTIMA: Humedad Óptima

D. MAX: Densidad Óptima.

ECAs: Estándares de Calidad Ambiental.

LISTA DE SIMBOLOS UTILIZADOS

Θ	Angulo
Fs	Factor de seguridad
C°	Grados centígrados
Qu	Capacidad de carga
Nc	Factores de capacidad de carga
ϒ	Densidad natural
Df	Profundidad de desplante
B	Ancho de la cimentación
PE	Peso especifico
PU	Peso unitario
Zw	Profundidad en el agua
%	Porcentaje
E	Módulo de Young
G	Módulo de elasticidad transversal
K	Módulo de compresibilidad
μ	Coeficiente de poisson del terreno
Vs	Velocidad de onda de corte
Vp	Velocidad de onda de compresión
Kc	Coeficiente de compacidad
Kf	Coeficiente de forma
B	Ancho medio de la cuenca
Lc	Longitud de su cauce principal
γ	Densidad natural
C´	Cohesión
Ø´	Fricción
LL	Limite liquido
LP	Límite de plasticidad
Kp	Coeficiente de empuje

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción del problema:

El presente estudio es para evaluar las características físico-mecánicas de los suelos de fundación del eje y vaso de la presa en el que se debe embalsar en su etapa inicial aproximadamente 5 MMC durante épocas de lluvia, para utilizar dicho recurso hídrico en periodos secos en beneficio de las áreas agrícolas de Ilabaya y potenciar nuevas áreas para irrigar, por lo tanto, se hace necesario conocer los parámetros geológicos y geotécnicos que permitan conservar el dique con características adecuadas al terreno de fundación y garantizar la estanqueidad de la presa.

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuáles son las condiciones geológicas y parámetros geotécnicos para la construcción de la presa Kullko?

1.2. JUSTICIFICACIÓN

El motivo de la investigación del siguiente trabajo, tiene la finalidad de poder brindar datos de caracterización geológica y geotécnica de los materiales en el que se emplazará la infraestructura de la presa.

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

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

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

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo General

El objetivo principal del estudio es conseguir el aprovechamiento de las aguas pluviales para mejoramiento de las áreas agrícolas y reducción de daños en lluvias y avenida en la cuenca Ilabaya para ello se debe determinar las características geológicas y los parámetros geotécnicos para la construcción de la presa Kullko, Jorge Basadre-Tacna.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las condiciones geológicas del área de embalse del rio Ilabaya y del eje de la presa; así como también definir el perfil litológico de la zona de estudio.
2. Determinar los parámetros y características geotécnicas de identificación, resistencia y deformabilidad del eje de la presa así como las canteras de suelo y roca para la construcción de la presa Kullko.

1.4. ANTECEDENTES DE TRABAJOS ANTERIORES

Cuenta con un estudio de pre inversión a nivel de factibilidad del proyecto denominado "INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN DE AGUA EN LA QUEBRADA KULLKU PARA MEJORAMIENTO DE ÁREAS AGRÍCOLAS DE ILABAYA Y MIRAVE - DISTRITO DE ILABAYA - JORGE BASADRE - TACNA" realizado por la municipalidad distrital de Ilabaya a través de HC&ASOCIADOS, preparado en Tacna el año 2014. Este estudio consta de 4 documentos: Documento I- Memoria y anexos, Documento II- planos, Documento III- Especificaciones, Documento IV, metrados y presupuesto.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1. Hipótesis General

La evaluación geológica y geotécnica, servirá para conocer las condiciones del terreno de fundación para el diseño y la construcción segura de la presa Kullko-Tacna.

1.5.2. Hipótesis Específico

1. La evaluación sirve para conocer el perfil litológico y las condiciones geológicas del eje de la presa y área de embalse para el diseño y la construcción de la presa Kullko.

2. La evaluación sirve para conocer y determinar los parámetros geotécnicos del eje de la presa y de las canteras de suelo y roca para el diseño y la construcción de la presa Kullko.

1.5.3. Variables

Variable independiente: Geología, Geomorfologia, Geodinámica, Hidrología, Geotécnia

Variable dependiente: Estudio Geológico y Estudio Geotécnico

1.6. METODOLOGIA DE TRABAJO

- **Tipo de investigación:** Analítico, Descriptivo, Hipotético
- **Diseño de investigación: No** Experimental
- **Unidad de análisis:** Características geológicas y geotécnicas del área de estudio situada en el distrito de Ilabaya- Tacna.
- **Población de estudio:** Nuestra Población de estudio abarca 4000 hts, Las muestras serán tomadas a lo largo de 34 km.
- **Selección de muestra:** Para este trabajo se han realizado un total de 17 calicatas excavadas con medios manuales.
- **Tamaño de muestra:** Las muestras dentro de la población de estudio y para sacar las características geotécnicas se basaron en muestras de hasta 10 kg para los ensayos correspondientes.
- **Etapas del proyecto:**

Etapa de gabinete I

- De forma previa al inicio de los trabajos de campo se ha revisado bibliografía de la zona de estudio con el fin de poder caracterizar fielmente todos los aspectos que pueden afectar a la ejecución y vida del proyecto.
- Información geológica y geotécnica, para el estudio del proyecto.
- Planos existentes de la zona de investigación regional y local.
- Preparación de equipos de laboratorio y de campo.

Etapa de campo I

Inspección y visita técnica del área de estudio del proyecto presa Kullko, con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia, según plano existente

Etapa de campo II

La fase de las investigaciones de campo, mapeo geológico, levantamiento topográfico, excavación de calicatas. Se realizan ensayos in situ y toma de muestras para el análisis de laboratorio,

Análisis de laboratorio de mecánica de suelos

Líneas sísmicas, sondeos eléctricos verticales, calicatas, estaciones geomecánicas, sondeos, martillo de schmidt, permeabilidades.

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de HC&A, bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia, siguiendo pautas, normas o procedimientos normalizados exigidos por las diversas áreas de acreditación.

Etapa de gabinete II

Con la información existente de campo y resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y rocas; en cooperación con los registros y trabajos desarrollados, durante el proceso de investigación se realizó el análisis de resultados y parámetros de cálculos de diseño, para la ejecución de la presa Kullko.

1.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En el presente estudio de investigación, se utilizará los siguientes equipos e instrumentos.

- Brújula Bruntun
- Wincha (flexómetro)
- Martillo de geólogo
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Estación total, con todos sus accesorios, para levantamiento de topografía
- Equipos de laboratorio mecánica de suelos y rocas como son: tamices estándares, balanza electrónica, equipo de densidades de campo entre otros formatos y registros.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Los ensayos de laboratorio plantean el inconveniente de que tenemos que suponer que la muestra que ensayamos es representativa del total del suelo y que se encuentra todo el suelo en el mismo estado.

Los ensayos más comunes con el propósito de conseguir los objetivos indicados que se realizan en el reconocimiento geotécnico de un terreno donde se va ubicar las estructuras hidráulicas son los siguientes; ensayos de identificación:

- Guía de muestreo de suelos y rocas MTC E 101-2000
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM-D-422 MTC E107-2000
- Limite Liquido ASTM-D-423 MTC E110-2000
- Limite plástico ASTM-D-424 MTC E111-2000
- Contenido de Humedad ASTM-D-2216 MTC E108-2000
- Ensayo de Proctor Modificado ASTM-D-1557 MTC E115-2000
- Clasificación ASSTHO Y SUCS ASTM-D-2487

Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Es un método directo, para separar un suelo en fracciones de distinto tamaño, consiste en hacer pasar el material a través de una serie de tamices.

Normalmente se aplica para suelos gruesos.

Según indica en la norma (ASTM-D-422 MTC E107-2000) este ensayo tiene por objeto determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad expresada en tanto por ciento de estas que pasan por los tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el 0.08 mm (tamiz N° 200 AST).

En cuanto a la cantidad de muestra necesaria para efectuar este ensayo la norma establece la cantidad mínima de muestra a ensayar para que sea representativa en función del tamaño máximo de la misma entando comprendida entre 0.5 y 5 Kg.

Mediante este ensayo se va obtener la curva granulométrica de material ensayado para lo cual se procede a pasar la muestra previamente cuarteada por una serie de tamices con una luz de malla que puede ir desde los 100 hasta los 0.08 mm.

Tras el correspondiente vibrado que puede ser manual o automático se pesa la cantidad de material retenido en cada uno de los tamices calculándose así su tanto por ciento. Por último se dibuja la curva acumulada de lo que pasa por cada tamiz considerado, dando lugar a la curva granulométrica. (**Terzaghi K. y Peck R. B. 1975**)

Límites de Consistencia

Se trata **en** realidad de dos ensayos de laboratorio, el de "Determinación del Límite Liquido de un suelo por el método del aparato de Casa Grande ASTM –D-423 MTC E110-2000" y el de "Determinación del límite plástico de un suelo ASTM-D- 424 MTC E111-2000". Mediante estos dos ensayos se determinarán las propiedades plásticas del terreno permitiendo conocer su límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.

Estos ensayos se solicitan al laboratorio como uno solo bajo el nombre de "límites de consistencia" llevándose a cabo la realización de los dos. (**Terzaghi K. y Peck R. B. 1975**).

Humedad Natural

La realización de este ensayo viene regulada por la norma ASTM-D-2216 MTC E108-2000 "determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa" , según la cual tiene por objeto la determinación de la humedad d un suelo mediante secado en una estufa. **(Braja M. d. 2006).**

Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)

Esta es la clasificación utilizada para agrupar los suelos en todos los trabajos geotécnicos y se basa en la granulometría del material y en su plasticidad.

Es decir es para clasificar cualquier suelo, según esta clasificación necesitamos haber efectuado los ensayos de Análisis Granulométrico y Límites de Consistencia para la clasificación del tipo de suelo que se está ensayando.

La primera división que se realiza es la siguiente:

Suelos de grano grueso: cuando pasa menos del 50% en peso por el tamiz 200 (0.074 mm)

Suelos de grano fino: cuando pasa > del 50% en peso por el tamiz 200.

Suelos de estructura orgánica: identificados por el olor, el color negruzco y el tacto esponjoso. Son suelos altamente Compresibles (Pt).

Los suelos de grano grueso se dividen en:

- **Gravas (G):** cuando pasa < del 50% en peso por el tamiz N° 4 (5mm).
- **Arenas (S):** cuando pasa > del 50% en peso por el tamiz N° 4

Además, las gravas y las arenas se pueden subdividir en más clases en función del contenido de finos.

Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 es inferior al 5% serán gravas o arenas limpias designándose con la segunda letra W o P (a continuación de G o S), en función si están bien gradadas (W) o no (P). Para distinguir si se tratan de GW, SW o GP, SP se calcularán los siguientes índices.

$$Cu = \frac{D60}{D10} \qquad Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$$

Si Cu >4 y 1 < Cc < 3 es GW o SW mientras que si no cumple alguna de las dos condiciones será GP o SP.

Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 es superior al 12% serán gravas o arenas con finos, designándose con la segunda letra M o C (a continuación de G o S) en función de la plasticidad de estos finos. Si su representación en la carta de Casagrande se sitúa por encima de la línea A o su índice de plasticidad es mayor que 7 serán GC o SC, mientras que si cae por debajo de la línea A o bien su índice de plasticidad es menor que 4 serán GM o SM.

Para clasificar los suelos de grano fino se representan los resultados de la determinación de los límites de consistencia (límite líquido e índice de plasticidad) en la carta de plasticidades de casa grande. Estas zonas están identificadas por dos letras indicando la primera de ellas el tipo de material de que se trata.

- **M:** corresponde a limo orgánico
- **C:** corresponde a arcillas inorgánicas
- **O:** corresponde a limos o arcillas de gran contenido orgánico

La segunda letra hace referencia a su plasticidad de la siguiente manera:

- **L:** indica baja plasticidad, cuando el limite liquido de la muestra es < a 50
- **H:** indica alta plasticidad, cuando el limite liquido de la muestra es ≥ a 50

Observando la carta de plasticidades de Casagrande, se puede observar una zona de indefinición entre los valores de índice de plasticidad 4 y 7, en los cuales se deja la nomenclatura doble CL-ML sin posibilidad de resolución. (**Terzaghi K. y Peck R. B. 1975**).

Proctor Modificado

Con este procedimiento de compactación Proctor estudio la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial de agua en el suelo. Observo que a contenidos de humedad crecientes a partir de los valores bajos se obtenían más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones de suelos, pro que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir que existe una humedad inicial denominada humedad optima que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación y por consiguiente la mejor compactación del suelo. (**Terzaghi K. y Peck R. B. 1975**)

2.1.2. MECÁNICA DE ROCAS

La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos y de sus respuestas ante la acción de las fuerzas aplicadas en su entorno físico.

Los distintos ámbitos de la aplicación de la mecánica de rocas se pueden agrupar en aquellos en que la roca constituye la estructura principal (en excavaciones, túneles, galerías, taludes, casas de máquinas, etc.), aquellos en que la roca es soporte de otras estructuras (cimentaciones de edificios, presas, etc.) y aquellos en los que la roca se emplea como material de construcción (escolleras, terraplenes, rellenos, etc.). **(Bieniawski Z. T. 1979)**

Clasificación Geomecánica del Macizo Rocoso

Las clasificaciones de los macizos rocosos están basados en algunos o varios factores que determinan su comportamiento mecánico.

- Propiedad de la matriz rocosa
- Frecuencia y tipo de discontinuidades, que definen el grado de fracturación, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, propiedades hidrogeológicas, etc.
- Grado de meteorización o alteración

- Estado de tensiones in situ
- Presencia de agua

Las clasificaciones más útiles en mecánica de rocas son las denominadas clasificaciones geomecanicas RMR de Bieniawski (1979) y el índice Q de Barton (1974) son las más utilizadas. Establecen diferentes grados de calidad del macizo en función de las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades y proporcionan valores estimados de sus propiedades resistentes globales.

La obtención de los parámetros geomecánicos se hace mediante la investigación del comportamiento del macizo; para su empleo y diseño en las obras de ingeniería. Los macizos rocosos, como medios discontinuos presentan un comportamiento geomecánico complejo que da una forma simplificada, pueden ser estudiados y categorizados en función de su aptitud para distintas aplicaciones. Con este objetivo surgieron las clasificaciones geomecanicas que aportan mediante la observación directa de las características de los macizos rocosos y la realización de sencillos ensayos; índices de calidad relacionados con los parámetros geomecánicos del macizo y sus características frente a la excavabilidad de las rocas y cimentaciones.

Para la clasificación geomecánica del macizo rocoso, en las excavaciones subterráneas, se ha considerado el siguiente procedimiento que consta de los siguientes parámetros:

1. Resistencia de la compresión uniaxial del material rocoso
2. Índice de calidad de la roca RQD
3. Espaciamiento de las juntas
4. Estado de las fisuras
5. Condiciones hidrogeológicas de las aguas subterráneas
6. Corrección por la orientación de las discontinuidades

La incidencia de los parámetros es el comportamiento geomecánico de un macizo se expresa por el índice de calidad de RMR, Rock Mass Rating que varía de 0-100. Para la clasificación RMR se divide el macizo rocoso en zonas o tramos que presentan características geológicas más o menos uniformes de acuerdo con las observaciones hechas en campo, en las que se lleva a cabo la toma de datos y medidas referentes a las propiedades y características de la matriz rocosa y de las discontinuidades. **(Bieniawski Z. T. 1979)**

Las clasificaciones geomecanicas constituyen un procedimiento para la caracterización de los macizos rocosos a partir de datos de afloramientos y sondeos, se aplican principalmente en los túneles, dado la dificultad del estudio de los macizos rocosos en profundidad. Pero igualmente se aplica a la caracterización de los macizos en forma general, como medio para clasificar geotécnicamente las rocas. El cálculo del índice RMR permite estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo (a partir de correlaciones empíricas).

Tabla 1: Clasificación del macizo rocoso según el total de valuación (RMR)

RMR Suma de los puntajes obtenidos de las tablas anteriores	Descripción del macizo rocoso	clase
81-100	Muy bueno	I
61-80	Bueno	II
41-61	Medio	III
21-40	Malo	IV
0-20	Muy malo	V

Fuente: Rango de valores que son propuestos por Bieniawski (1979)

Índice de Calidad de la Roca

El estudio de calidad de roca, es un análisis de una ecuación diferencial; en vista que el grado de fracturamiento es medido por metro lineal en los afloramientos de la matriz rocosa. Los macizos rocosos se presentan en el medio de una manera no continua, no homogénea, ni isotrópica, y está afectada por discontinuidades tales como fallas, pliegues, juntas, agrietamientos motivo por el cual se determinara sus propiedades mecánicas.

Para el índice de calidad de roca RQD, se ha utilizado una ecuación diferencial propuesta por Priest y Hodson 1976; en donde se considera el número de discontinuidades por metro lineal.

$$\mathbf{RQD= 100\ e^{-0.1\,\lambda}\ (0.1\,\lambda + 1)}$$

De donde:

λ= Numero de Juntas por metro lineal

Tabla 2: Calidad de Roca

RQD	CALIDAD DE ROCA
25%	Muy mala
25-50%	Mala
50-75%	Regular
75—90%	Buena
90-100%	Muy buena

Fuente: clasificación de la calidad de roca según Deere 1964

2.1.3. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Ensayo de Gilg-Gavard

Este es un ensayo de permeabilidad del terreno, en condiciones atmosféricas normales, que se realiza en avance de sondeo y en el que se ensaya un tramo de la perforación tras retirar parcialmente la tubería de revestimiento. Para efectuar el ensayo se llena la tubería de agua hasta la boca, la presión del agua en el tramo de sondeo ensayado corresponde exclusivamente a la altura de agua en el interior de la entubación por encima del nivel freático. Por lo general es un ensayo que se efectúa en suelos, roca alterada o roca muy fisurada, materiales en los que en teoría se espera una permeabilidad relativamente alta.

Ensayo de Lugeon

El ensayo Lugeon consiste en inyectar agua a una determinada presión manométrica y de obturación en un determinado taladro de perforación diamantina en roca dura; resultado del proceso de saturación a presión se llega a conseguir la conductividad del macizo rocoso; para fines de construcción de obras de ingeniería, como presas, embalses, centrales hidroeléctricas, casas de máquinas, entre otros la estabilidad del talud de corte en roca. Otros consideran este ensayo como la fracturación hidráulica en roca.

Este ensayo Lugeon puede realizarse a medida que se perfora o una vez finalizada la perforación. Generalmente el primer modo es mejor y solo necesita el empleo de un obturador pero es procedimiento lento y más costoso que puede alargar en exceso la investigación. En caso de llevarlo a cabo una vez concluida la perforación, se suelen efectuar de forma ascendente comenzando por el tramo más profundo del sondeo de perforación. **(Comité Nacional Español de Grandes presas, Madrid España 1999)**

2.1.4. CIMENTACIONES EN ARCILLAS EXPANSIVAS

Se produce en suelos arcillosos debido a la reacción de determinados minerales de la arcilla al tener contacto con el agua. Estos minerales absorben agua y aumentan de volumen. Un ejemplo es la montmorillonita, que puede tener unja aumento de volumen de 100%. **(Braja M.D. 2006).**

2.1.5. CIMENTACIONES EN ROCAS

Los cimientos en roca, incluyendo las pizarras duras, no presentan ningún problema de resistencia para presas de tierra pequeñas. Los peligros principales que hay que tener en cuenta, son los debidos a la erosión por filtración y la excesiva pérdida de agua a través de las juntas, fisuras, grietas, estratos permeables y planos de fractura**. (Deere 1964).**

2.1.6. CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Si sobre una cimentación se va aplicando una carga creciente con el tiempo, vertical y centrada, se observa un aumento de asiento de la cimentación en el terreno que puede ser representada en una gráfica. Mientras las cargas sobre el cimiento son pequeñas, el asiento crece de manera proporcional a la carga presentando un comportamiento elástico.

Si seguimos aumentando la carga curva de asiento-carga se hace asintótica de tal manera que el terreno ya no admite más carga, pero el terreno sigue deformándose, se dice entonces que se ha alcanzado la presión de hundimiento, que en cada suelo depende de su resistencia al esfuerzo de corto, dimensiones de la cimentación, profundidad, etc. **(Vesic A. 1973)**

2.1.7. PRESAS

Una presa es una estructura que se interpone a una corriente de agua para embalsarla y/o desviarla para su posterior aprovechamiento o para proteger una zona de sus efectos dañinos. Las funciones de una presa son:

a) Conservación: interceptar la escorrentía y almacenar en época de lluvias, para su utilización durante el periodo de estiaje.
b) Control de crecidas: regulación de las crecidas a través del almacenamiento de los picos para posteriormente liberar gradualmente.

Los motivos principales para construir presas son concentrar el agua de una cuenca hidrológica que confluye a un río, en un sitio determinado, lo que permite producir energía para generar electricidad, regular el agua, dirigirla hacia canales y sistemas de abastecimiento, aumentar la profundidad de los ríos para hacerlos navegables, controlar el caudal de agua durante los periodos de inundaciones y sequía, y crear pantanos para actividades recreativas.

Debe estar construida de forma que resista las fuerzas que se ejercen sobre ella. Estas fuerzas que los ingenieros deben tener en cuenta son: la gravedad (que empuja a la presa hacia abajo) la presión hidrostática (la fuerza que ejerce el agua contenida), la presión hidrostática en la base (que produce una fuerza vertical hacia arriba que reduce el peso de la presa), la fuerza que ejercería el agua si se helase, y las tensiones de la tierra, incluyendo los efectos de los sismos.

Una presa tiene los siguientes componentes:

- **El embalse:** Es el volumen de agua que queda retenido por la presa.
- **El vaso:** Es la parte del valle que inundándose contiene el agua embalsada.
- **La cerrada o boquilla:** Es el punto concreto del terreno donde se construye la presa.
- **Pantalla o 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 lado no permitir la filtración de agua. A su vez en la presa se distingue
- **La coronación:** Es la superficie que delimita la presa superiormente.
- **Los estribos o empotramientos:** Son los laterales del muro que están en contacto con la cerrada contra la que se apoya.
- **La cimentación:** Es la parte de la estructura de la presa a través de la cual se transmiten las cargas al terreno tanto las producidas por la presión hidrostática como las del peso propio de la estructura.
- **El aliviadero o vertedero hidráulico:** Es la estructura hidráulica por la que rebosa el agua, excede cuando la presa ya está llena.
- **Las compuertas:** Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la presa.
- **El desagüe de fondo:** Permite mantener el denominado caudal ecológico aguas debajo de la presa y vaciar la presa en caso sea necesario.
- **Las tomas:** Son también estructuras hidráulicas, pero de menor cantidad y son utilizadas para extraer agua de la presa para un cierto uso. **(Ray L. Joseph B. F. 1978).**

A. Clasificación de presas

a) Según su función:

- Para almacenamiento de agua

- Para obtención de energía
- Para derivar una corriente de agua

b) Según los materiales que se emplean a su construcción

- **Presas de tierra:** Es un terraplén bien compactado con un núcleo central impermeable, es importante tener en cuenta las filtraciones que es el pasaje de agua a través de los espacios vacíos del suelo y puede provocar lavado del suelo, como consecuencia sifonamiento y erosión en la presa.
- **Presas de hormigón:** Son las más utilizadas en los países desarrollados ya que con este material se pueden construcciones más estables y duraderas; debido a su cálculo es del todo fiable frente a las producidas en otros materiales. Normalmente todas las presas de tipo gravedad, arco y contrafuerte están hechas de este material.

  Este tipo de presas tienen componentes muy permeables por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante. Además, estas estructuras resisten siempre por gravedad, pues la débil cohesión de sus materiales no les permite transmitir los empujes de agua al terreno. Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba. Estas presas tienen el inconveniente de que si son rebasadas por aguas en una crecida corren el peligro de desmoronarse y arruinarse.
- **Presas de Enrrocamiento:** Con cara de hormigón: este tipo de presas en ocasiones es clasificada entre las de materiales sueltos, pero su forma de ejecución y su trabajo estructural son diferentes. El elemento de retención de agua es una cortina formada con fragmentos de roca de varios tamaños que soportan en el lado del embalse una cara de hormigón la cual es el elemento impermeable. La pantalla o cara está apoyada en el contacto con la cimentación por un elemento de transición llamado plinto que soporta a las losas de hormigón. **(Ray l. Joseph b. f. 1978).**

Selección de Tipo de Presa de tierra.

En algunos casos excepcionales la selección del tipo de presa más adecuado técnica o económica para un emplazamiento dado, podrá hacerse a simple vista.

La elección depende de la disponibilidad de la mano de obra y maquinaria o de la facilidad de acceso al emplazamiento. Estas consideraciones cobran importancia cuando el tiempo para el desarrollo de una presa es un factor restrictivo.

El mejor tipo de presa para un determinado emplazamiento, se elige teniendo en cuenta las características de cada tipo y relacionándolas tanto con las características geológicas del propio emplazamiento y adaptación a las necesidades que la presa trata de servir, como las limitaciones impuestas por razones económicas o de seguridad.

La elección definitiva de un tipo de presa, se hace entonces luego de conocer todos estos factores. Normalmente el factor que más influye es el costo, también existen otros factores más importantes que intervienen en la elección del tipo de presa que se va ejecutar teniendo en cuenta la Geomorfologia, pero muy aparte de esto lo más resaltantes e importantes que hay que tener en cuenta son:

Topografía

La topografía determina en muchos casos la elección del tipo de presa. Un valle estrecho, serpenteado entre laderas rocosas es el indicado para presas de concreto armado. En cambio una zona de terreno ondulado sugiere una presa de tierra, con aliviadero independiente. En condiciones intermedias, influirán otras condiciones, pero se debe tener en cuenta que el principio general sugiere adaptarse a las condiciones naturales.

Geología y Condiciones de Cimientos

Las condiciones de cimentación, dependen de las características geológicas y del espesor de los estratos que han de soportar el peso de la presa, de su inclinación, permeabilidad y relación con los estratos subyacentes, fallas y fisuras existentes. Los cimientos limitan la elección del tipo hasta cierto punto, puesta limitación se modifica frecuentemente variando la altura de la presa propuesta.

Materiales Disponibles

De acuerdo a la cantidad y calidad de los suelos necesarios para la fabricación de la presa hacen un factor determinante en la elección del tipo de presa a usarse. Los materiales de construcción de las presas que se pueden disponer junto a la misma pueden ser:

- Tierra para terraplenes
- Roca para pedraplenes o revestimientos
- Agregados para concreto
- Agregados para filtros

La eliminación o disminución en el transporte de los materiales de construcción en especial de los empleados para la construcción de la presa, influirá considerablemente en el costo de la presa, lo cual influenciara directamente la elección del tipo de presa.

B. Emplazamiento

Se deberá elegir según la topografía y geología del terreno. En el caso de las presas, según el tipo se deberá elegir un lugar con el suelo de cimentación adecuado. Por ejemplo, en presas de tierra se deberá evitar suelos de fundación permeables. Se debe tratar de que los materiales necesarios para la construcción se encuentren en las cercanías del emplazamiento de la obra**. (Lambe W. 2002)**

C. Utilidades de la Presa

Riego: Para ello se utiliza una presa de derivación con un vertedero que regule los niveles de agua en épocas de crecida para que el agua excedente escape por el vertedero y no afecte a los cultivos.

Suministro de agua: Generalmente son de grandes dimensiones y cuando están alejadas de las ciudades se recurre a canales o tuberías para transportar las aguas hasta un determinado lugar.

2.1.8. INTEMPERISMO

Se llama Intemperismo o meteorización a la acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.) mediante los cuales la roca es descompuesta y desintegrada por la exposición continua a los agentes atmosféricos, transformando a las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado. Preparando a los materiales rocosos para ser transportados por los agentes de la erosión terrestre (agua corriente, hielo glaciar, olas y viento) y también son acarreados por la influencia de la gravedad para acumularse en otros lugares. Sin embargo algunos productos de Intemperismo

permanecen en el mismo sitio donde se formaron y se incorporan a las rocas del lugar, ciertas menas como las de aluminio por ejemplo son en realidad antiguas zonas de Intemperismo. La deformación en rocas, puede darse por fracturas, por fallas o estratificación, para el tratamiento de las rocas fracturadas se puede impermeabilizarse con inyecciones de lechada de cemento, deberá hacerse pruebas de infiltración con la presión de agua prevista para la altura de una estructura hidráulica como diques de concreto, bocatomas, represas de diferentes tipos todo dependiendo del clima y la altitud donde va afectar directamente el Intemperismo, en los lechos de un rio, afloramientos de rocas calcáreas con contenidos minerales como la limonita (FeO2), sílice, diferentes variedades de arcillas realzan su deformación. En el transcurso de su movimiento la permeabilidad también influye en los diferentes tipos de materiales donde determinan el grado de meteorización, karstificacion que se produce donde hay presencia de clarisas **(Gonzales D. V. 2002).**

2.1.9. GEODINÁMICA EXTERNA

Grado de Meteorización

Los procesos de meteorización que actúan sobre el macizo rocoso afectan tanto a los bloques de la matriz rocosa como a los planos de discontinuidades existentes. Como consecuencia de la meteorización mecánica o física de los macizos rocosos. Al romperse los contactos entre granos o producirse la ruptura de los minerales por la disolución o inyección de las aguas de la glaciación, que finalmente se convierten en hielo llegan a descomponerse y forman los planos de debilidad generándose la inestabilidad del macizo. Las discontinuidades son caminos o conductos por donde fluyen los flujos de aguas meteóricas contribuyendo a incrementar la meteorización física y química.

Procesos de Meteorización

Los procesos de meteorización están controlados por las condiciones climáticas y sus variables; temperatura, humedad, precipitación, régimen de vientos, etc. Que determinan el tipo y la intensidad de las transformaciones físicas y químicas que afectan a los materiales rocosos en la superficie. **(Tumilan P., Carrillo G. A. 1993)**.

Meteorización de Matriz Rocosa

La meteorización física de la matriz rocosa da lugar a la exfoliación por planos de direcciones preferentes, apertura de micro discontinuidades por hielo o por crecimiento de sales, cambios de volumen por cambios de humedad o temperatura, etc. la

meteorización química produce la disolución de minerales solubles y la formación de nuevos minerales por procesos de oxidación, reducción, hidratación, etc. los resultados de la alteración química van desde la decoloración de la matriz rocosa a la descomposición de los silicatos y otros minerales, aunque algunos d ellos, como el cuarzo son resistentes a estas acciones.

La acción de los efectos de la meteorización será distinta dependiendo el tipo de roca, estando directamente relacionados con su composición mineralógica y propiedades estructurales. La reducción de la resistencia es el efecto más importante causado por la descomposición de la roca por meteorización química. Un pequeño incremento en el contenido en humedad o en la porosidad de la roca puede causar una reducción importante de la resistencia y el módulo de deformación dependiendo cual es la condición del medio donde se encuentra el macizo rocoso si se trata de cimentaciones al substrato rocoso. **(Gonzales de Vallejo L. 2002).**

Grado de Fracturamiento

Condiciones de meteorización que consiste en el número de juntas o fracturas existentes por metro lineal de afloramiento del macizo, cuando está sometido a esfuerzos cortantes, la matriz rocosa está íntimamente ligada a los movimientos tectónicos.

Tabla 3: Número de Fracturas por metro lineal

ORDEN	SIMBOLO	NUMERO DE FRACTURAS/M	GRADO DE FRACTURAMIENTO
1	F-1	≤1	Poco fracturado
2	F-2	1-5	Fracturado
3	F-3	6-10	Muy fracturado
4	F-4	11-20	Altamente fracturado
5	F-5	≥20	Triturado

Fuente: Merino L. 2001, Lima Perú.

Grado de Alteración

Proceso de desintegración y /o descomposición de los minerales constituyentes de la roca de caja que se presenta y se observan en los planos de fracturamiento o en la roca de basamento; el mismo que se mide de acuerdo a la consistencia, si son deleznables o no a la matriz de la roca.

Tabla 4: Grado de Alteración matriz Rocosa

CLASE	CARACTERISTICAS DE ALTERACION	CONDICION DE ROCA
A-1	Ninguna señal visible de alteración o indicios leves de alteracion en la superficie de las discontinuidades.	Roca sana
A-2	Las superficies de las discontinuidades principales estan alteradas, pero la matriz solo levemente.	Roca poco alterada
A-3	La alteracion se extiende a toda la masa rocosa, pero la roca no es friable, natriz poco alterada	Roca alterada
A-4	La alteracion se extiende a toda la masa rocosa y la roca es gran parte friable, matriz profundamemte alterada.	Roca muy alterada
A-5	La matriz de rococa esta totalmente descompuestaes muy friable, solo con vestigios de la estructura original.	Completamente descompuesta, forman suelo residual

Fuente: Tesis prospección geológica y geotécnica presa Macusani 1995. Ing. S. Machacca.

Movimiento de Masas

La remoción o movimiento de masas se refiere a procesos de movilización lenta o rápida de un determinado volumen del suelo, roca o ambos a la vez en diversas proporciones generando en la superficie terrestre principalmente por la acción directa de la gravedad terrestre y por muchos otros factores condicionantes, fenómenos geodinámicas.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Ensayos Químicos**

Determinación cualitativa de sulfuros solubles de agua. Carga admisible, carga que induce la máxima fatiga admisible en una sección critica de un miembro estructural. **(Vesic A. 1973).**

- **Cohesión**

Es la alteración entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide Kg/cm2. Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de 0,25 Kg/cm2 a 1,5 Kg/cm2 o más. Los suelos limosos tienen muy poca y en las arenas la cohesión es prácticamente nula. **(Terzaghi K. 2002).**

- **Fricción Interna**

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, específicamente si son angulares

presentan una buena trabazón tendrán fricciones internas altas. En cambio los suelos finos las tendrán bajas puesto que no tienen partículas angulares ni uniformes.

La fricción interna de un suelo está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" varían prácticamente de 0° para arcillas plásticas cuya consistencia esta próxima a su límite liquido hasta 45° o más para gravas y arenas secas compactas y de partículas angulares. Generalmente ángulo "f" para arenas alrededor de 30°. **(Terzaghi K. 2002).**

- **Presión Admisible del Terreno**

Presión máxima admisible por un terreno de cimentación que proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa de terreno o el movimiento de los cimientos; esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad impuesto por las normas de edificación a la carga de rotura del terreno. **(Vesic A. 1973).**

- **Coeficiente de Seguridad**

El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor de requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

En este sentido, en ingeniería, arquitectura y otras ciencias aplicadas, es común y en algunos casos imprescindible que los cálculos de dimensionado de elementos o componentes de maquinaria, estructuras constructivas, instalaciones o dispositivos en general incluyen un coeficiente de seguridad que garantice que bajo desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos exista un margen extra de presentaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias.

Los coeficientes de seguridad se aplican en todos los campos de la ingeniería tanto eléctrica como mecánica o civil, etc. **(Bishop, 1955).**

- **Origen y Formación de un Suelo**

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, constituida por fragmentos de roca de diferente tamaño. Esta capa puede tener hasta varios cientos de metros y se distinguen en capas: La capa más superficial presenta una intensa actividad biológica (contiene microorganismos, raíces, materia orgánica, etc., los suelos son la

desintegración de los diferentes tipos de rocas que existe en la corteza terrestre se puede mencionar las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

- **Factores que Influyen en el Comportamiento del Suelo**

Existen tres factores que influyen en el comportamiento de un suelo:

1. Naturaleza y Composición Mineralógica

Los silicatos son los minerales más abundantes y forman los minerales de las arcillas. Algunos minerales de arcilla por su estructura laminar pueden absorber mucha cantidad de agua y tienen un poder de retención de la misma. Esta agua produce un incremento de volumen en el mineral que disminuye drásticamente cuando se seca (retracción). Se trata por tanto de suelos expansivos muy perjudiciales para la construcción porque los incrementos de volumen no se producen de manera uniforme, es decir se originan empujes relativos de una zona a otra y los procesos de retracción producen importantes asientos. De cualquier modo no todos los minerales de arcilla son igual de expansivos. **(Sowers G. B. 1972)**

2. Textura

Se trata de la distribución por tamaños de las partículas de un suelo. Siguiendo la clasificación propuesta por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), este se clasificará dependiendo de su textura en arcilla, limo, arena, grava y cantos rodados. La textura afecta al comportamiento del suelo porque al aumentar el tamaño de las partículas también aumenta la resistencia de este. La textura también influye en la conductividad hidráulica; los materiales finos tienen baja conductividad hidráulica.

3. Estructura

Es la disposición relativa de unas partículas respecto a otras. En los suelos granulares la estructura viene determinada por la forma de partículas, mientras que en los suelos de textura fina depende del tipo de fuerzas que predomina, la estructura de los suelos depende de la mineralogía de donde proviene, la estructura de los suelos, depende del origen del tipo de roca (ígnea, sedimentaria y metamórfica), cada suelo ´desintegrado por diversos agentes de la naturaleza tiene diferente estructura. **(Terzaghi K. 2002)**

CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE EMBALSE

3.1. GENERALIDADES

El presente trabajo es una contribución al conocimiento Geológico-Geotécnico de toda el área que involucra el denominado proyecto “construcción de la presa kullku”

3.2. UBICACIÓN

3.2.1. Ubicación del Área de Estudio

El área del proyecto de la Presa de Kullku, políticamente se encuentra ubicado en:

Región: Tacna

Provincia: Jorge Basadre

Distrito : Ilabaya

Geográficamente se emplaza en las siguientes coordenadas UTM (WGS84):

Norte: 8083005

Este: 347446

Altitud: 2265 m.s.n.m.

17° 20' 21.40" latitud Sur - 70° 26' 22.38” de longitud Oeste. Y

17° 119' 05.31" latitud Sur - 70° 25' 27.62” de longitud Oeste.

El área beneficiada , se encuentra distribuida en dos ámbitos territoriales del Distrito de Ilabaya: el primero denominado Valle de Ilabaya, conformado por las áreas agrícolas de los Sectores de Ilabaya y Mirave, y el segundo, conformado por el sector denominado Pampa Los Gallinazos.

(Ver plano N° 01: Ubicación)

LEYENDA

- Centro Poblado
- Presa
- Embalse

PLANO DE UBICACION

ESC:1/100000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO DE UBICACION PRESA -KULLKU		PLANO N° : PU-01
ESCALA: 1/100000	DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI, BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.	REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA
FECHA: JUNIO-2019		APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

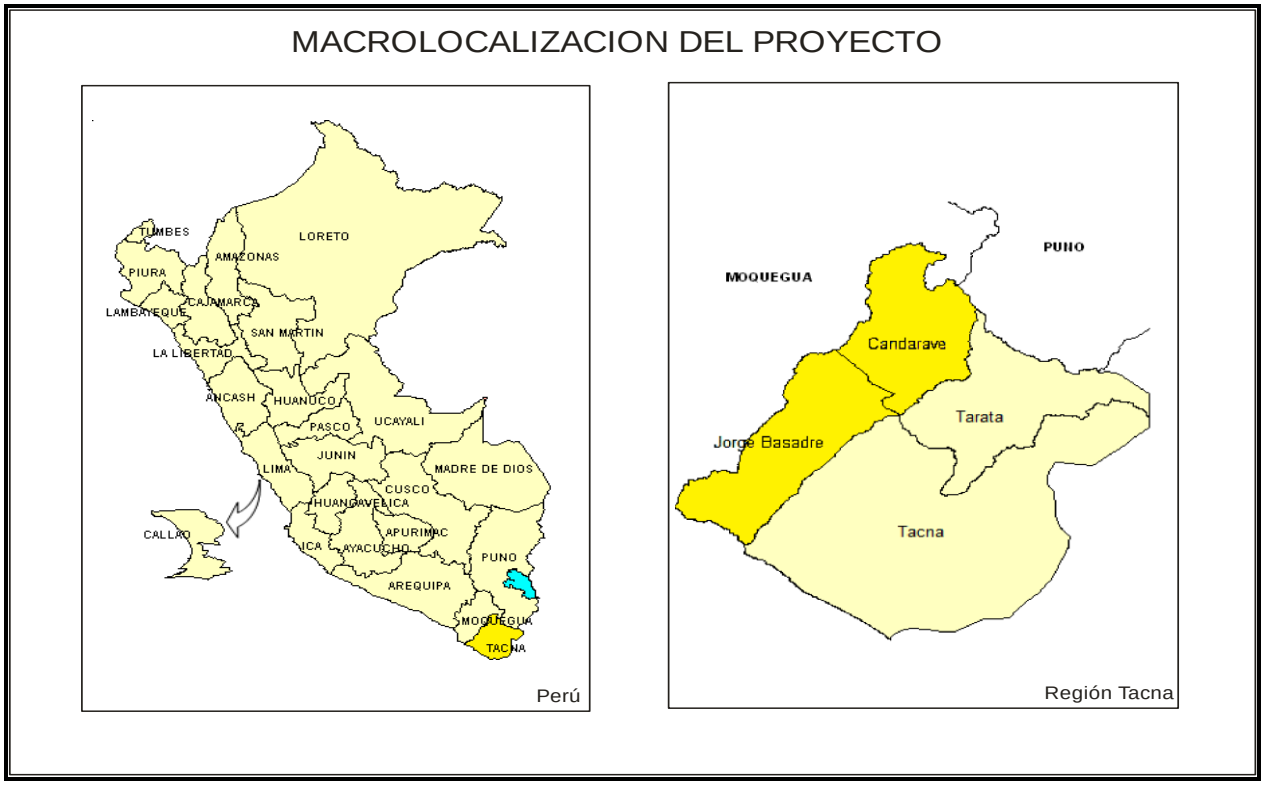


Figura 1: Macrolocalización del Proyecto

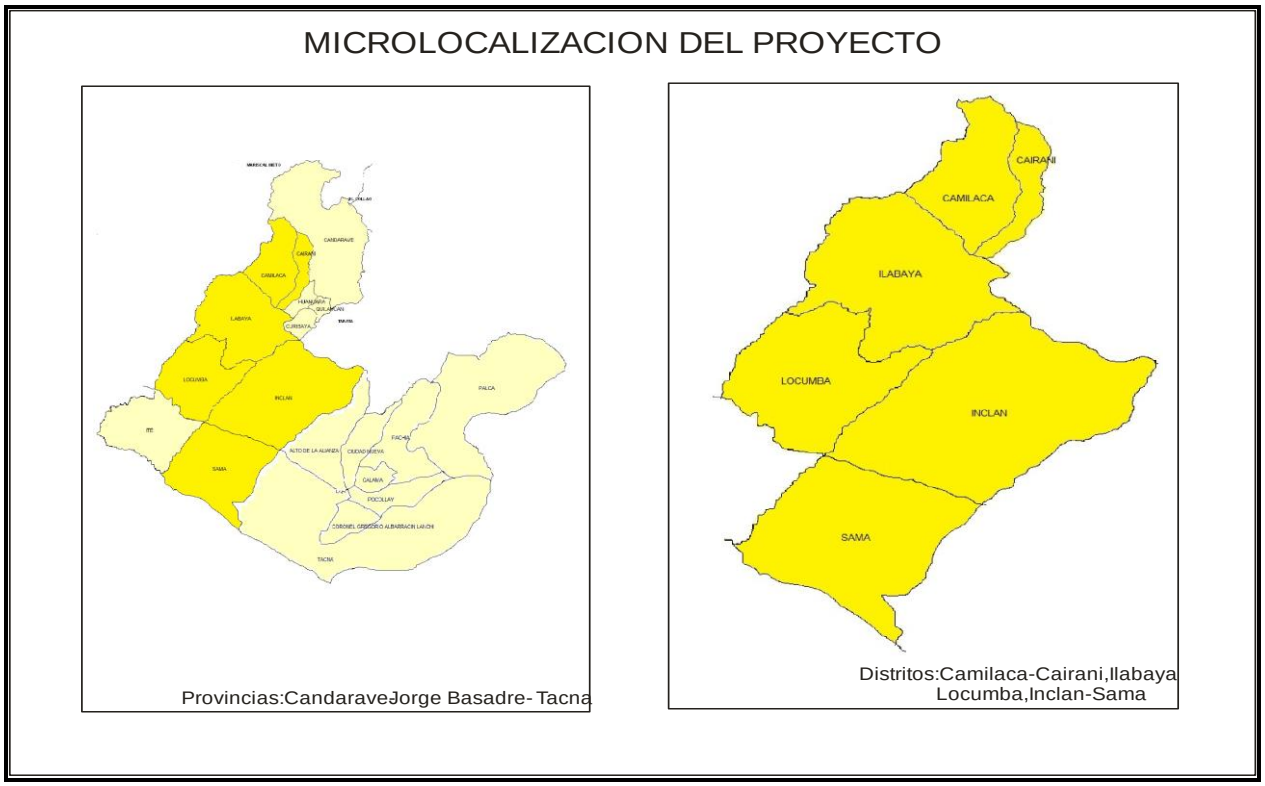


Figura 2: Microlocalización del Proyecto

3.3. ACCESIBILIDAD

Se accede a la zona de proyecto, desde la ciudad de Lima, por vía aérea hacia la ciudad de Tacna, y luego, por el norte por medio de una carretera asfaltada hasta el desvío hacia la ciudad de Locumba; para posteriormente, proseguir a través de una carretera afirmada y luego asfaltada hacia la ciudad de Ilabaya, pasando por Mirave, y finalmente, a través de la una carretera afirmada se llega hasta el área del Proyecto, siguiendo en paralelo al río Ilabaya.

Desde Ilabaya a la zona del Proyecto, se accede mediante camino afirmado, llegándose en aproximadamente 50 min.

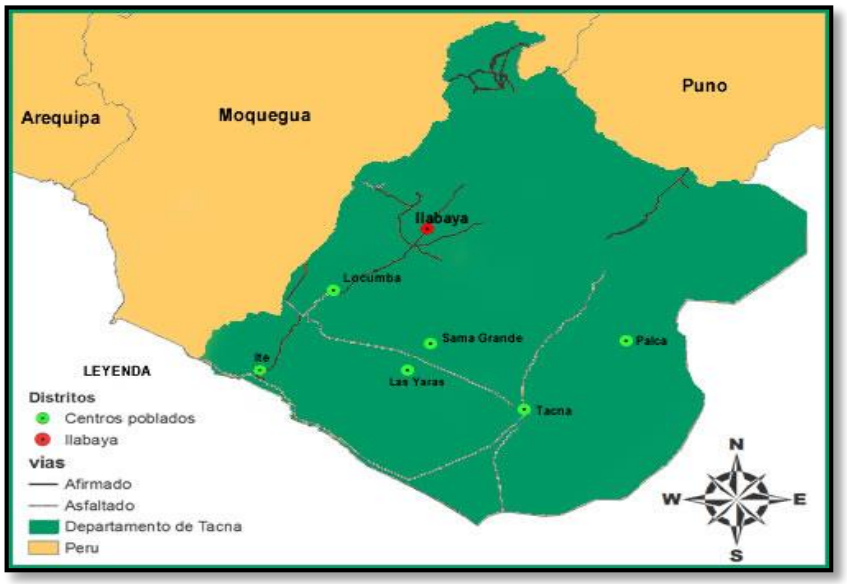


Figura 3: Mapa vial del departamento de Tacna

Fotografía N° 01: Vía de acceso al Proyecto hacia el proyecto

3.4. CLIMA Y VEGETACION

3.4.1. Meteorología y Clima

Meteorología

Para la caracterización climática de la zona, se consideraron y analizaron los datos meteorológicos procedentes de las estaciones de SENAMHI situadas cerca del área de estudio, estaciones de Ilabaya y Locumba, la cual presenta un clima cuyas características corresponden una zona desierta con escasas precipitaciones pluviales y marcadas variaciones térmicas entre el verano y el invierno.

Clima

El clima en el territorio de Ilabaya es árido, con escasas lluvias y temperaturas medias anuales entre 16 y 20 grados centígrados. La alta volatilidad y oscilación de las principales variables climatológicas constituye un factor restrictivo para el desarrollo agrario del distrito y para la operación del sistema de riego presurizado cuando éste sea instalado.

Temperatura

Tiene una extensión superficial de 1 111 Km^2, con un rango altitudinal entre los 900 y 4200 m.s.n.m. extendiéndose entre la costa y la sierra.

- Ilabaya máxima de 20.4 y mínima de16.0°C.
- Locumba máxima de 22.7 y mínima de15.3°C.

3.4.2. Vegetación

El área de influencia directa del proyecto se encuentra escarpado, donde destaca por los angostas y amplias pero fértiles valles del río Ilabaya y afluentes que aparecen como oasis, de vegetación mixta con montes ribereños de carrizo, molles, sauces, eucalipto.

Fotografía N° 02: Carrizo

Fotografía N° 03: Molle

3.5. TOPOGRAFIA

El objetivo del levantamiento topográfico de la zona de estudio de la presa kullko, es la determinación tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno, necesarios para obtener la representación fidedigna del terreno natural a fin de:

- Realizar los trabajos de campo que permitan elaborar planos topográficos
- Proporcionar información de base para los estudios de hidrología, geología, geotecnia, impacto ambiental y posteriormente para el diseño de la presa.
- Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales.
- Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

3.5.1. Recopilación y Evaluación de Estudios Existentes

Se nos proporcionó un archivo (Win Rar) que contiene planos relacionados al Sistema de Control Plano-altimétrico, y estructuras del Proyecto de Presa Kullku, tampoco se ha podido identificar en el terreno hitos o marcas que permitan hacer algún tipo de referenciación o enlace al sistema de control, excepto un BM en la carretera del cual no se ha podido obtener el valor de su altura.

3.5.2. Trabajos de Campo y Gabinete

Trabajos de campo presa Kullko

El trabajo de levantamiento topográfico se realizó con 01 Receptor Satelital “Posicionador Navegador “GPS”, marca Garmin, modelo Map 78 S, serie Nº 1WR053153, Estación Total, marca Topcon modelo GPT 3007 serie Nro. 450625 con exactitud de medición de ángulos horizontales y verticales de 05” y medición de distancias con una desviación standard de 3 mm + 5 ppm, prismas, trípode, winchas, pintura entre otros accesorios.

- **Control Planimétrico**

El Control Planimétrico del Proyecto, está dado por dos actividades: Una para el enlace al Sistema de Coordenadas UTM, y otra actividad para el Control Planimétrico en sí, mediante la ejecución de una poligonal electrónica.

Coordenadas y Cota de Partida

Se definió que los puntos que servirían de enlace y control plano-altimétrico son los dos (02) Puntos de Control GPS, definidos por el Consultor, mediante el Método de

Posicionamiento Global "GPS", puntos de los cuales se han obtenido el respectivo azimut y Coordenadas de Partida. Para el control Altimétrico se ha considerado la altura Ortométrica obtenida para el GPS 02

PUNTO	COORDENADAS UTM – WGS 84		ALTURA ORTOMETRICA
	NORTE	ESTE	
GPS-1	8'082,767.012	347,429.6409	2375.9862
GPS-2	8'083,251.703	347,534.0455	2385.2249

Poligonal Electrónica Principal de enlace a puntos del IGN.

Teniendo como base de partida los dos (02) puntos GPS de control horizontal se ha desarrollado a lo largo de la zona de emplazamiento de las estructuras un circuito cerrado de Poligonal Electrónica y circuitos de poligonal electrónica abierta que cubre toda el área del presente estudio.

La poligonal electrónica principal, consta de 07 vértices signados con la nomenclatura GPS-1, GPS-2, P-1, BM-2, BM-3, P-3, y P-4.

Se debe indicar que los ángulos de los vértices de la poligonal han sido leídos en lectura directa y lectura inversa y las distancias medidas electrónicamente en ida y vuelta, habiéndose hecho los cálculos con los promedios de los datos aceptados.

- **Control Altimétrico**

El Control Altimétrico del Proyecto está dado por un circuito de nivelación geométrica, mediante doble cambio, el que tiene como punto de partida el Punto GPS 02, Ubicado en la parte alta de margen derecha de rio Pikalaca. La cota de este Punto, ha sido obtenida por el procesamiento de los Puntos Geodésicos.

Fotografía N° 04: Vista de Estacion Total Marca Leica en estacion en Punto GPS 02.

Se ha realizado el levantamiento topográfico de detalle de toda la zona del eje de presa abarcando una altitud mayor a la altura de presa.

Todos los levantamientos topográficos de detalle, están relacionados al sistema de control plano-altimétrico establecido, a partir de las poligonales electrónicas de control y apoyo. La escala de los levantamientos es 1:500, 1:1000 con curvas de nivel equidistantes cada 1 m. El cuadriculado del plano es cada 10 cm y está en proyección ortogonal del sistema de coordenadas planas UTM.

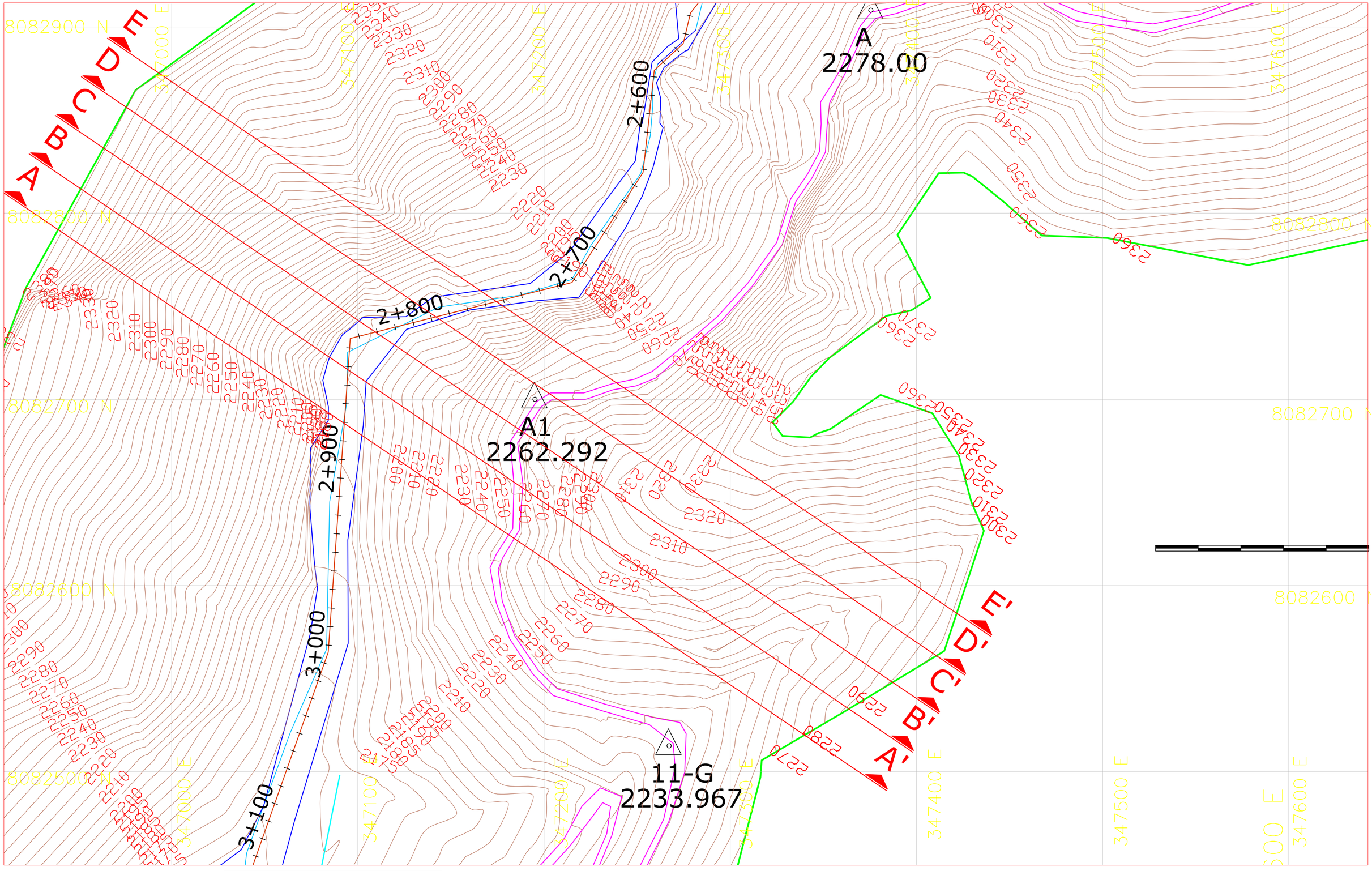
Trabajos de gabinete

Teniendo como base los datos tomados en campo: Datos GPS, datos de la poligonal electrónica, nivelación geométrica y datos de los rellenos topográficos, se ha realizado el cálculo de las coordenadas de cada vértice de la poligonal electrónica, así como de cada uno de los puntos del relleno topográfico, para lo cual previamente se ha calculado el azimut de partida.

Concluidos los cálculos de las poligonales y cada uno de los puntos de relleno topográfico esto es definidas sus respectivas coordenadas Norte y Este y su elevación, se ha procedido de manera automatizada mediante el empleo de programas especiales de topografía a la elaboración en sí de los respectivos planos, para lo cual se ha procedido primeramente a crear una Malla Irregular de Triangulación (TIM: Triangulared, Iregulared Netword), seguidamente se realizó la interpolación de los puntos, así como la ubicación planimétrica de todos los detalles tomados para en pasos siguientes concluir todo el proceso de elaboración de los planos.

Los planos topográficos contienen toda la información relevante de la zona del proyecto de presa, habiéndose tomado todos los detalles posibles que la escala permite.

(Ver plano N° 02: Topografía)



SIIMBOLOGIA

B2 2251.542	PUNTO DE CONTROL

LEYENDA:

QUEBRADAS

CURVAS DE NIVEL

PLANO TOPOGRAFICO KULLKU

ESCALA: 1/4000

Escala Gráfica

0.0 80.0 160.0 240.0 320.0 400.0m

Escala 1:4,000

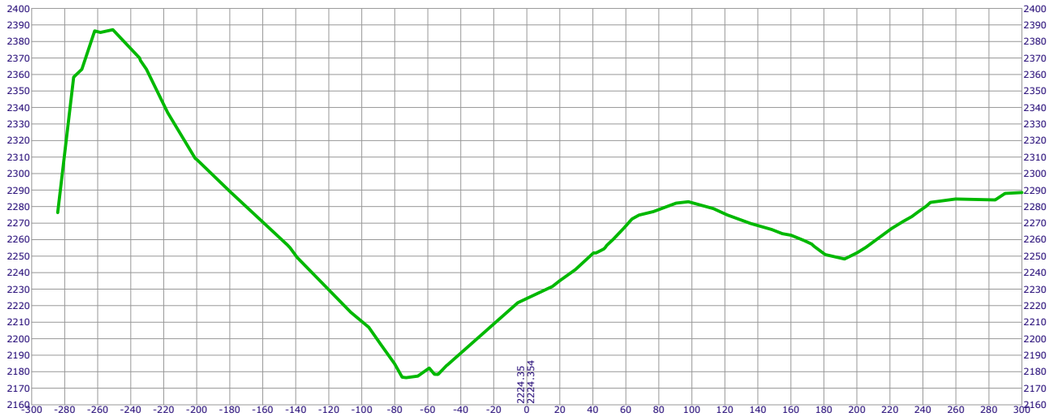
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

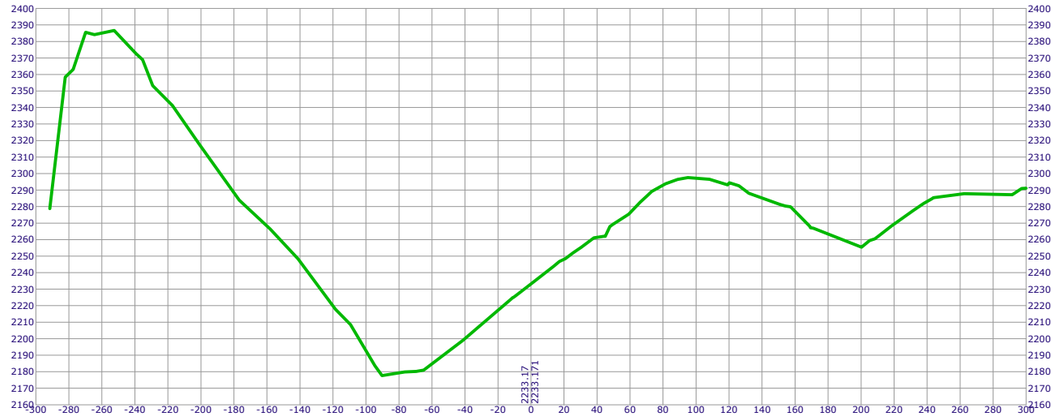
DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO TOPOGRAFICO KULLKU		PLANO N°: PT-02
ESCALA: 1/4000	DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI. BACH. GLORIA PINARES ONJCUYCA.	REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA
FECHA: JUNIO-2019		APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

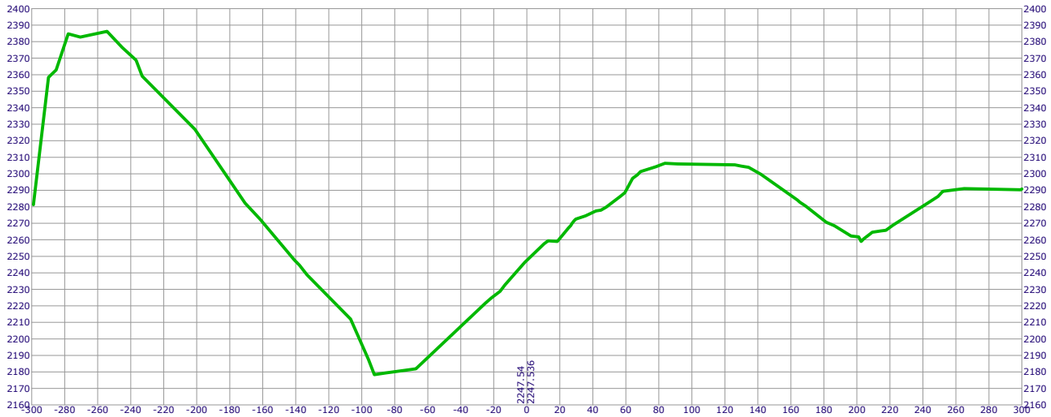
SECCION A-A'



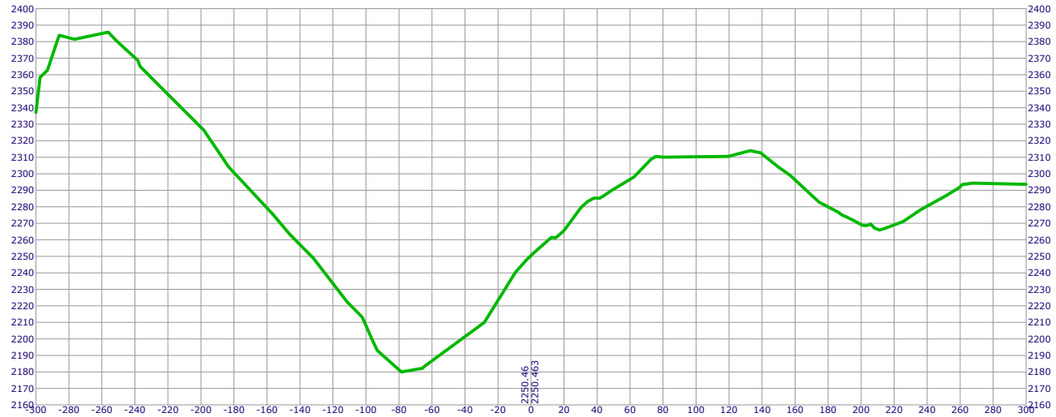
SECCION B-B'



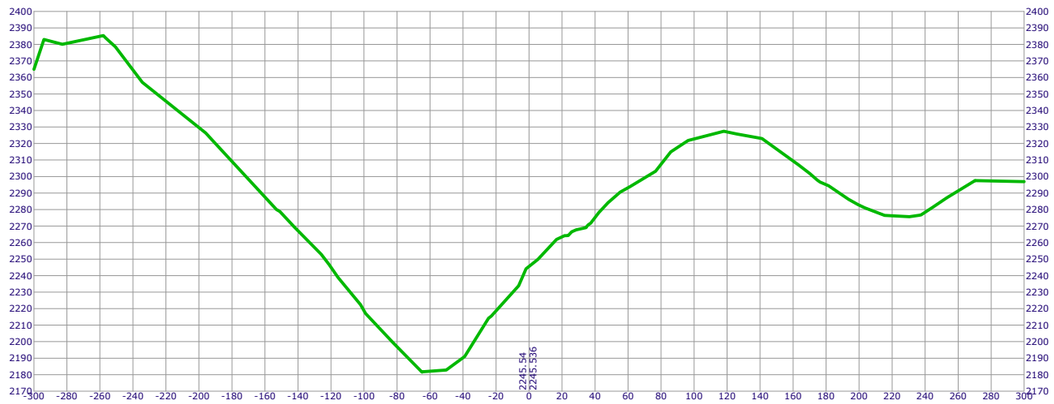
SECCION C-C'



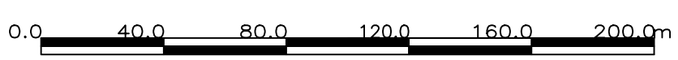
SECCION D-D'



SECCION E-E'



Escala Gráfica



Escala 1:2,000

CORTES

ESCALA: 1/1000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO DE LA TOPOGRAFIA DE LA REPRESA KULLKU -CORTES

PLANO N°: PTC

ESCALA: 1/1000

DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI, BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.

REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

FECHA: JUNIO-2019

APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

CAPITULO IV: GEOMORFOLOGÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

La geomorfología de la zona comprende una fisiografía variada y accidentada, dados por la tectónica activa de los andes y la actividad de los agentes modeladores que han generado la cadena de montañas, en cuya zona de cambio se encuentra ubicada la zona de estudio.

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área de estudio se ubica en la Cordillera Occidental del Perú disectada por varios cursos de ríos y quebradas.

En la zona, se exhiben valles con vertientes escarpadas o pendientes muy fuertes modeladas en rocas sedimentarias; los cauces de los ríos descienden con pendiente moderada hacia la vertiente del Pacífico.

4.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES Y LOCALES

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies.

Tabla 5: Clasificación de las Unidades Geomorfológicas

Unidades geomorfologicas de carácter tectonico degradacional y erosional		
Unidad	**Sub unidad**	
Colinas	Colinas en roca sedimentria	RCL- rs
Unidades geomorfologicas de carácter peposicional o agradacional		
Unidad	**Sub unidad**	
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	P-at
Planicie	Terraza aluvial	T-al
	Terraza fluvial	T-fl

Fuente: Publicación de Villota (2005).

4.2.1. Geoformas de Carácter Tectónico Degradacional y Erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes **(Villota, 2005).**

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de Colinas y Lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Está unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias (RCL-rs)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada a baja.

4.2.2. Geoformas de Carácter Deposicional o Agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Está unidad se encuentra asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos y de lodo de tipo excepcional. Tiene pendiente suave, menor a 5°.

Compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolos y detritos) en matriz limoarenoarcilloso, depositado en forma de cono en la confluencia entre la quebrada

Mirave y río Salado. Sobres estos depósitos se asientan la población urbana del Centro Poblado Mirave.

Terraza aluvial (T-al)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, a mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

Terraza fluvial (T-fl)

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Salado a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

4.3. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

Estos parámetros caracterizan diversos aspectos de la fisiografía, geomorfología o morfometría de la cuenca. Estos números permiten cálculos rápidos sobre tiempos de concentración, caudales medios y máximos, entre otras variables. Parámetros importantes son el área de cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, pendiente, etc.

El área (A) de la cuenca de recepción, es desde lejos, el parámetro fisiográfico más importante. Otros parámetros son el Desnivel del rio (ΔH) medido desde su nacimiento hasta el dique Kullko, definido como ΔH = (Hmax-Hmin).

La Pendiente media del cauce principal (S_m) calculado mediante la fórmula $S_m = \frac{H}{L}$.

El Factor de forma de la cuenca (Ff), es calculado por la fórmula:

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

Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un Ff=1 para cuencas con esta forma. Un valor de Ff superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

En el caso de la Cuenca de Kullku se tiene un Ff = 0.25, este valor es relativamente pequeño, que indica que la cuenca no estaría sujeta a crecidas de caudales súbitas comparado con una cuenca de la misma área y mayor factor de forma.

El Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (K_c) compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio, es calculado por:

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

El valor de Kc es 1.22 para Kullku, mayor a 1, lo cual indica que la cuenca es alargada, y tiene un área diferente a un tiempo de concentración similar al de una cuenca de la misma área de forma circular. El grado de aproximación de este índice a la unidad indica la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea kc, mayor será la concentración de agua.

Tabla 6: Parámetros Fisiográficos - Cuencas Camilaca, Borogueña y Kullku

Concepto	Unidad	Cuenca		
		Borogueña	Camilaca	Kullku(*)
Área (A)	Km2	107.0	360	467
Perímetro (P)	Km	63.42	97.63	93.85
Long.curso princ. (Lmax)	Km	28.7	43.0	43.0
Cota máxima (Hmax)	Msnm	5380	5703	5703
Cota mínima (Hmin)	Msnm	2247	2247	2247
Pendiente (S)	m/m	0.109	0.08	0.08
Desnivel	M	3133	3456	3456
Factor de Forma (Ff)	-	0.13	0.19	0.25
Coef. Compacidad (Kc)	-	1.73	1.45	1.22

Fuente: Estudio de pre inversión a nivel de factibilidad del proyecto "instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de agua en la quebrada kullku"

La cota media del embalse de Kullku es la 4073 msnm.

4.4. GEOFORMAS DE LA CUENCA

Entre los principales factores geomorfológicos de mayor influencia en la zona de estudio está la constante erosión de los ríos y quebradas, los taludes empinados que aportan material coluvial y las zonas de deposición de la cuenca que se observa de manera general entre las intersecciones del río Camilaca y la quebrada Borogueña.

La geomorfológia del área de estudio es agreste debido a las formas empinadas de alta pendiente en la zona de intersección del río y que continúa hacia la zona del vaso (Río Ilabaya)

Fotografía N° 05: Zona de confluencia de los rios.

4.4.1. Zona Disectada

En esta zona se aprecia la intensa acción erosiva ejercida por los ríos Ilabaya, Curibaya y Sama, así como por sus numerosas quebradas tributarias, los cuales han labrado valles hasta de 1.000 y 1.200 m de profundidad originando una topografía fuertemente quebrada y de dificil acceso.

En detalle, el perfil transversal de estos valles muestra dos “estadíos” de erosión bien definidos en relación con el levantamiento epirogenético de los Andes, dando lugar a una disconformidad topográfica, uno que corresponde al fondo del valle en forma típica en V y paredes fuertemente empinadas y pulidas por erosión de los mismos, que representa el proceso de incisión actual de los ríos, y otro que comprende a la parte superior, donde las laderas son suaves y abiertas, y corresponde a un proceso de ampliación lateral del valle de un estadío anterior.

Los valles, así como la amplitud de las áreas interfluviales pobremente drenadas y con divisorias pocas definidas, nos indican que se tratan de valles en un estado de desarrollo juvenil.

4.4.1. **Superficie Huaylillas**

La superficie Huaylillas es de relieve bajo (plano), se ubica en la zona altas de la cordillera de la zona del proyecto, con inclinaciones generales hacia el Suroeste.

Se le ha identificado en diferentes localidades del sector meridional, destacándose más conspicuamente en las cumbres de los cerros Chubiraca, Negro Sal, cerro Negro y entre la quebrada Molleraco y cerro Paitarlaca; igualmente ha sido reconocida en las

pampas de Ichogollo, Alto de Camilaca, Alto de Cairani y loma de Antavilca a altitudes que varían entre 3,000 y 4,000 m.s.m.m.

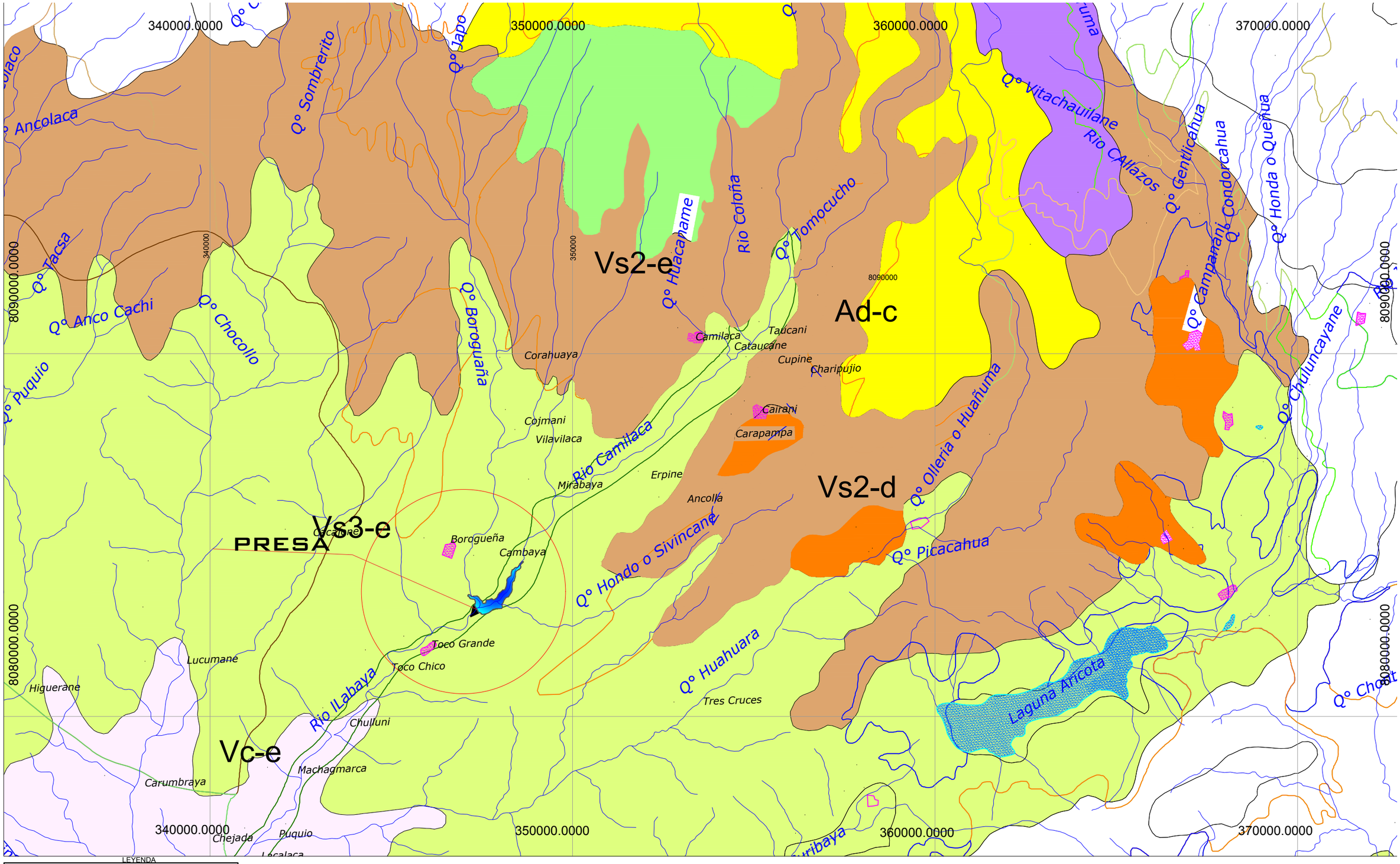
4.5. GEOMORFOLOGIA DE LA CERRADA

La zona de boquilla presenta una morfología en forma de uve, en cañón producto de la erosión del río Ilabaya y más concretamente de la acción del río Camilaca al que se une la quebrada Borogueña a esta altura, sobre el substrato andesítico.

Por lo que respecta al estribo derecho, muestra una topografía con una fuerte pendiente, con valores entre 45-50º, con algún sector que supera los 60º, mientras que el estribo izquierdo, su pendiente es un poco más suave, con valores del orden de 45º.

Respecto al cauce del río Ilabaya, al situarnos en su naciente, presenta un ancho entre 25 a 40 metros dependiendo del sector.

(Ver plano N° 03: Geomorfológico)



LEYENDA

- Centro Poblado
- Presa
- Embalse
- Vc-e: Vertiente MontañosaEmpinada
- Vs3-e: Vertiente Montañosa
- Vs2-d: Vertiente Montañosa Moderadamente empinada
- Ad-c: Planicie Ondulada Disectada
- Vs2-e: Vertiente Montañosa Empinada a escarpada

PLANO GEOMORFOLOGICO

ESC:1/100000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO GEOMORFOLOGICO

PLANO N° : PG-03

ESCALA: 1/100000

DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI. BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.

REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

FECHA: JUNIO-2019

APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

CAPITULO V: LITOLOGÍA-ESTRUCTURAS

5.1. GENERALIDADES

Se ha realizado el estudio geológico, litológico de la zona donde se pretende llevar a cabo el levantamiento de la presa, la zona inundable y sus zonas aledañas.

De forma previa al inicio de los trabajos de campo se ha revisado bibliografía de la zona de estudio con el fin de poder caracterizar fielmente todos los aspectos que pueden afectar a la ejecución y vida del proyecto.

5.2. ESTRATIGRAFÍA

5.2.1. Unidades Litológicas Regionales

A esta escala de estudio (Escala 1:25.000), se puede apreciar afloramientos y reconocimiento de las diferentes formaciones como se describe a continuación:

A. Volcánico Matalaque

Esta formación se expone de manera clara en la zona del vaso aflorando a la largo del Río Cambaya, Ilabaya y en la quebrada Borogueña. La formación volcánica Matalaque aparece como una secuencia de rocas volcánicas constituidas por derrames andesíticos que presentan un color rojizo y algunas vetas de naturaleza dacíticas y traquíticas. Los derrames andesíticos tienen una matriz afanítica con escasos fenocristales de hornblenda y naturaleza masiva muy resistente a la erosión, presentándose en bancos de 3 a 4 m. de grosor. Toda la unidad está cortada por diques aplíticos.

Fotografia N° 06: Rocas Andesíticas de la formación Matalaque

B. Formación Tarata

Formación Tarata pertenece al GRUPO TOQUEPALA, se asume una edad cretáceo inferior. Se da esta denominación a una secuencia Volcánico-Sedimetario las cuales afloran como una secuencia volcánica.

Se compone en la parte inferior de una sucesión de areniscas, conglomerados y calizas negras nodulíferas, intercaladas con lutitas. Las areniscas son arcósicas y se intercalan con lechos de lutitas, el conglomerado es de color gris verdoso, compuesto de guijarros subredondeados de andesita y calizas; las calizas se encuentran bien estratificadas en capas de 10 a 100 cm. y destacan dentro del conjunto por su dureza y resistencia a la erosión.

La parte superior de la formación es en su mayoría volcánica, los sedimentos están representados por delgadas intercalaciones de areniscas arcósicas. Las rocas volcánicas consisten en conglomerados volcánicos, brechas, tuffs andesíticos y dacíticos, encontrándose hacia el tope de la secuencia derrames de andesitas porfiríticas, de color gris verdoso con horizontes de brechas.

Las relaciones estratigráficas de la formación Tarata son discordantes en su base y techo, con las formaciones Toquepala y Huilacollo respectivamente.

La formación sobreyace con discordancia a la formación Toquepala considerada del Cretáceo superior-Terciario inferior e infrayace con igual relación a la formación Huilacollo del Terciario inferior; además se encuentra cortada por cuerpos intrusivos del batolito andino; por estas relaciones incluimos a la formación Tarata en el intervalo Cretáceo superior-Terciario inferior, por lo tanto equivalente en parte con la formación Muñani y Grupo Puno del área del Titicaca y los volcánicos Calipuy de los Andes septentrionales

C. Formación Huaylillas

Está cubierta por una formación gruesa de tuffs dacíticos que, por razón de su gran extensión en esta área se ha nombrado Formación Huaylillas.

Se refiere a tuffs dacíticos y riodacíticos, que en el área la formación afloran extensamente en la partes superficiales, desde la quebrada Coltani en el NO hasta la quebrada Chujune que pasa a unos 3 Km. al SE de Chaspaya. Las exposiciones de estas rocas forman una superficie de suave pendiente (superficie Huaylillas) con

tendencia general hacia el Sur y Sureste, destacando principalmente en las pampas Alto de Camilaca, Alto de Cairani, Loma Altavilca, cumbre del cerro Chubiraca y pampas de Tintinave; en las áreas interfluviales los afloramientos de estos tufos se presentan a manera de lenguas o espolones de contornos escarpados.

El volcánico Huaylillas reposa con discordancia angular directamente encima de las rocas del grupo Toquepala, sin embargo en la localidad típica y otros lugares yace discordantemente sobre los clásticos de la formación Moquegua; superiormente queda cubierto indistintamente y con relación discordante por el volcánico Sencca, la formación Capillune o el volcánico Barroso.

En la formación Huaylillas del área de estudio se diferencian dos miembros: el inferior es netamente tufáceo y lo denominamos miembro Chubiraca, el superior que consiste de tufos y derrames se le ha llamado miembro Huanuara.

D. Formación Quellaveco

Se presentan como una serie de rocas volcánicas en la parte superior de la formación Matalaque, apareciendo como lava dacítica y tobas de color parduzco.

Se ha reconocido en la parte alta de la futura presa, dispuesta en forma de sombrero en la margen izquierda en dirección aguas abajo, aflorando en la quebrada Borogueña aguas adentro a unos aproximadamente 500 m de la boquilla, así como en el desvió de la carretera hacia Camilaca.

E. Depósitos Cuaternarios

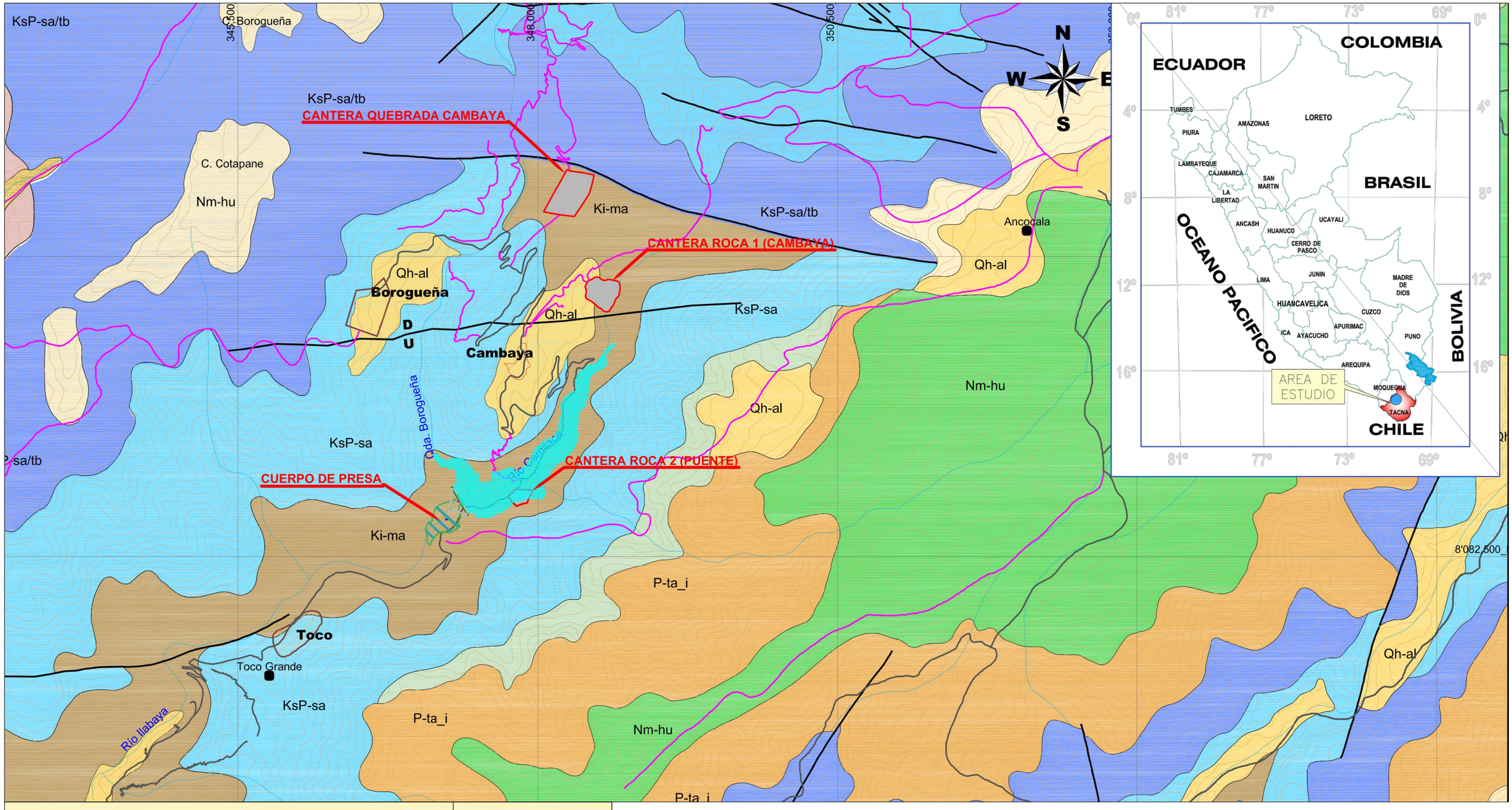
Depósitos Aluviales

Bajo esta denominación genérica se describen las terrazas fluviales, conos de deyección y las acumulaciones recientes de bloques, bolos, gravas, arenas y arcillas que se encuentran en el lecho de los ríos y quebradas actuales.

Depósitos coluviales

Estos depósitos están constituidos por bloques y fragmentos de rocas, en su mayoría andesítica, de tamaños variados, de pocos centímetros a 2.0 metros y muestran formas angulosas a sub-angulosas.

Estos depósitos cuales se encuentran formando faldas detríticas en ambos estribos y también en los taludes del vaso del área de estudio. **(Ver plano N° 04: Geología Regional)**



LEYENDA GEOLÓGICA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Qh-al Depósito Aluvial	
		Pleistocena		
	NEÓGENO	Pliocena	Grupo Barroso	
		Miocena	Nm-hu Fm. Huaylillas PN-mo_i Fm. Moquegua inferior	
	PALEÓGENO	Oligocena	Gpo. Tacaza: Nm-hi Fm. Huilacollo: Flujo monótono y rítmico de bloques; P-ta_s Fm. Tarata superior: Piroclastos, limolitas, calizas oscuras; P-ta_i Fm. Tarata inferior: Flujos de bloques y clastos de volcánicos	UNIDADES SUBVOLCÁNICAS P-r Riolita SUPER UNIDAD YARABAMBA KsP-ya/di Cuarzodiorita
		Eocena		
MESOZOICO	CRETACEO	Superior	Gpo. Toquepala: KsP-qu Fm. Quellaveco; KsP-sa/tb Toba Samanape cristalolítica brechada, silicificada; KsP-sa Andesita Samanape porfitítica microporfirítica y tobas vitrolíticas; Ks-pa/tb Fm. Paralaque: Toba Soldada lítica	
		Inferior	Ki-ma Fm. Matalaque: Tobas litocristalinas y cristalolíticas Ki-hu Fm. Hualhuani	

SIMBOLOGIA

- Rumbo y Buzamiento de los Estratos
- Contacto Geológico Definido
- Curvas de Nivel
- Accesos
- Ríos
- Falla Normal
- Falla Sinestral
- Falla dextral
- Lineamientos
- Aletración Hidrotermal (ah)

PLANO GEOLOGICO REGIONAL

ESC: 1/25000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO GEOLOGICO REGIONAL

PLANO N° : PGR-04

ESCALA: 1/25000

DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI. BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.

REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

FECHA: JUNIO-2019

APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

5.2.2. Unidades litológicas locales

Centrándonos ya más en la zona que ocupara la futura presa, podemos distinguir las siguientes formaciones:

A. Formación Matalaque

Está constituida por derrames volcánicos rojizo-viólaceos de naturaleza andesítica, con abundantes plagioclasas que se observan en la parte superior de la carretera Ilabaya – camballa y en la zona del vaso en ambos márgenes del río Ilabaya se observan venillas de calcita, y otras con leves alteraciones de ferromagnesianos de cloritas y epidotas que rellenan y afloran en las fracturas. Estos derrames volcánicos tiene una textura porfirítica - piroclástica con escasos ferromagnesianos y naturaleza masiva muy resistente a lagvgffcdxs erosión, esta unidad se encuentra cortada por algunos diques aplíticos y en algunas de panizo.

Fotografía N° 07: Venas de calcitas y epidota en afloramientos de andesitas

B. Formación Quellaveco

Aflora como rocas volcánicas de la parte superior de la formación Matalaque, se presentan como lava dacítica y tobas de color parduzco, como se mencionó anteriormente.

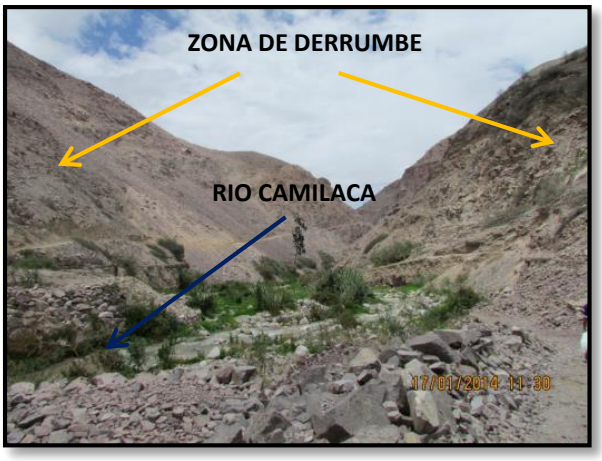
C. Depósitos Cuaternarios

Deposito aluvial

Son acumulaciones erráticas de materiales producto de flujos de lodo, originados dentro de un área depresiva (cuenca) bajo la acción del agua por lluvia, la erosión, el desprendimiento de roca.

Los poblados de Borogueña y Cambaya se encuentran sobre estos materiales, los cuales se encuentran conformados por fragmentos de formas subangulosas a angulosas envueltas en matriz limo-arenoso

Deposito coluvial Son materiales depositados principalmente por acción de la gravedad, conformados por bloques y fragmentos de roca de tamaños variados, de forma angulosa como ya se mencionó anteriormente, las cuales se encuentran formando faldas detríticas en ambos lados de las zonas de interés cercanas a los ríos y quebradas en el área de estudio. Geomorfológicamente conformarían los derrumbes.



Fotografía N° 08: Localización de algunas zonas de derrumbe

Deposito Fluvio-Aluvial

Bajo esta denominación se recogen todos los depósitos actuales de los cursos fluviales de la zona

Se trata de sedimentos poco consolidados, bolonerías, canto, gravas, arenas y limos de composición andesítica en un 80%, con formas redondeados a subredondeados, que combina con material coluvial anguloso a subanguloso, llegando en algún sector a conformar pequeñas terrazas.

Fotografía N° 09: Material aluvial con intercalaciones coluviales en la margen derecha del río Camilaca

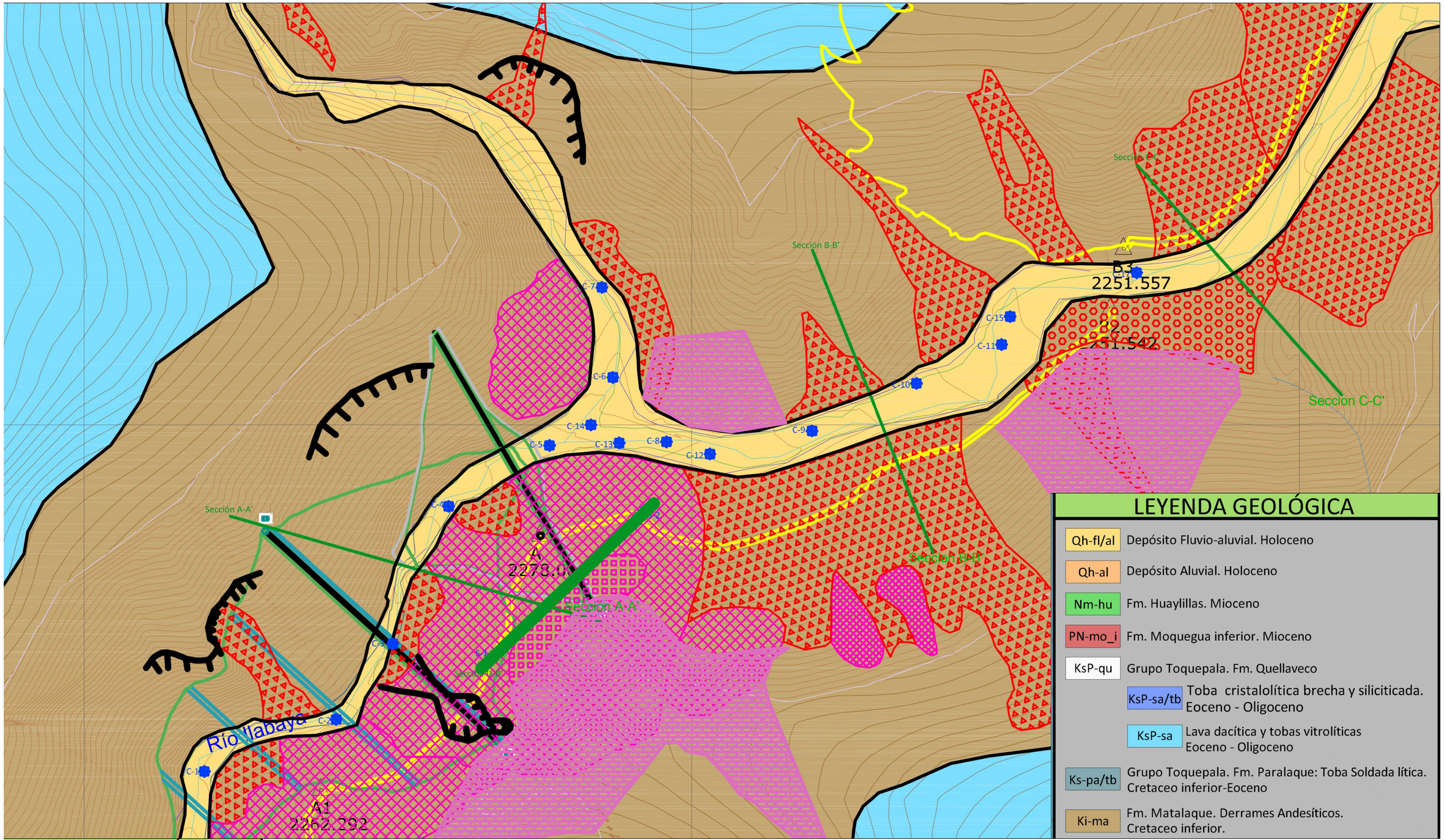
5.3. GEOLOGIA Y RASGOS ESTRUCTURALES DE LA ZONA

Geológicamente la zona de la boquilla está constituida por afloramientos de la roca de la formación Matalaque, constituida, como se ha dicho anteriormente, por una andesita porfirítica de color marrón y en ciertas zonas grisácea y violácea, compuestas esencialmente por plagioclasas del tipo sódico 64%, feldespato potásico 9%, Cuarzo 8%, vidrio volcánico 1%, con accesorios de anfíboles y minerales de Sericita, Hematita y Epidota, mostrando una textura es porfirítica con pasta microcristalina. Su tipo de fractura es irregular y de alta cohesión en estado fresco.

Esta Andesita muestra una serie de familias de juntas que se interccionan entre ellas, mostrando un grado de alteración mas alto en la margen izquierda, en algunos sectores por efecto de voladuras para la construcción de la carretera, que en la margen derecha, con espesor de mayor grado de altreración o fracturación entre 5.0 a 7.0 m.

Discontinuamente este substrato rocoso se encuentra en el fondo del valle recubiero por los materiales provenientes de los depósitos cuaternarios, tanto coluviales como aluviales, constiutido por bloques, gravas, arenas y limos en proporciones variables y morfologias angulosas a subangulosas.

Los rasgos estructurales a escala 1:500 se basan en las discontinuidades que presenta el macizo rocoso andesítico. (**Ver plano N° 05: Geología al Detalle)**



LEYENDA GEOLÓGICA

Qh-fl/al	Depósito Fluvio-aluvial. Holoceno
Qh-al	Depósito Aluvial. Holoceno
Nm-hu	Fm. Huaylillas. Mioceno
PN-mo_i	Fm. Moquegua inferior. Mioceno
KsP-qu	Grupo Toquepala. Fm. Quellaveco
KsP-sa/tb	Toba cristalolítica brecha y siliciticada. Eoceno - Oligoceno
KsP-sa	Lava dacítica y tobas vitrolíticas Eoceno - Oligoceno
Ks-pa/tb	Grupo Toquepala. Fm. Paralaque: Toba Soldada lítica. Cretaceo inferior-Eoceno
Ki-ma	Fm. Matalaque. Derrames Andesíticos. Cretaceo inferior.

SIMBOLOGIA

- Depósitos coluviales
- Depósitos aluviales/coluviales
- Cantera de rocas
- Zona de deslizamiento
- Zona de roca muy fracturada
- Bloques en posición metaestable

PLANO GEOLOGICO DE DETALLE

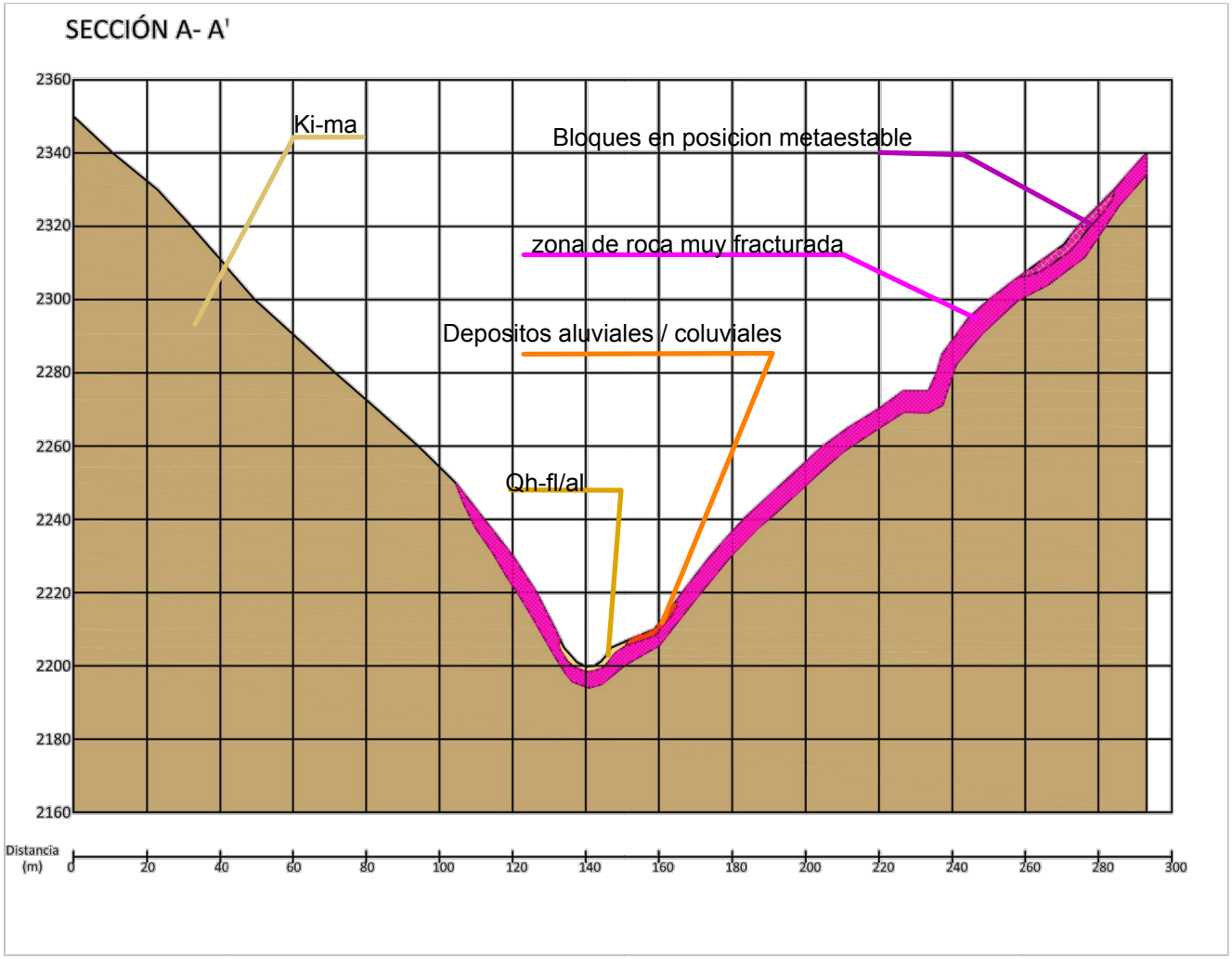
ESC: 1/5000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:LABAYA

TITULO: PLANO GEOLOGICO DE DETALLE		PLANO N°: PGD-5
ESCALA: 1/5000	DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI. BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.	REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA
FECHA: JUNIO-2019		APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA



LEYENDA GEOLÓGICA

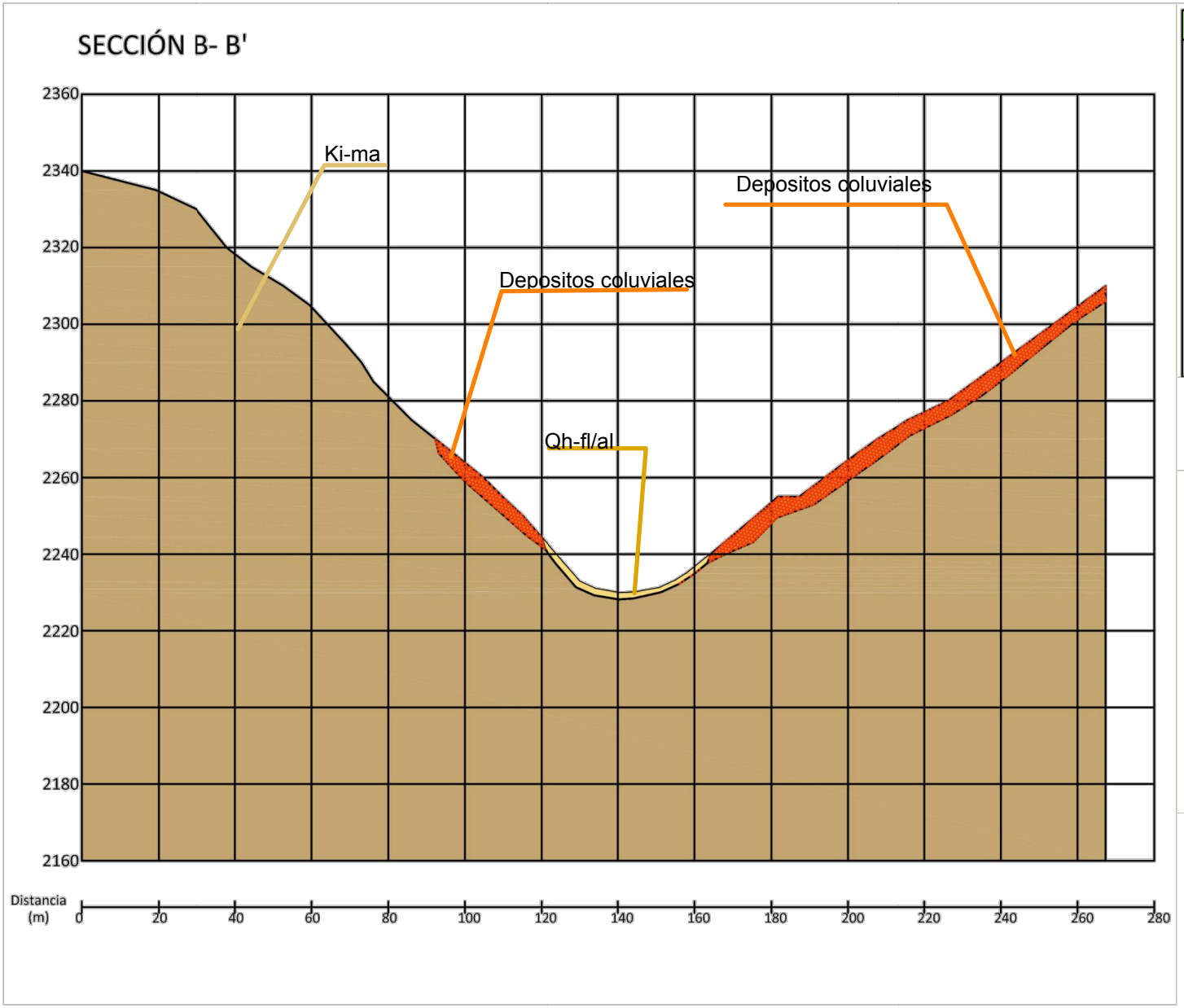
Qh-fl/al	Depósito Fluvio-aluvial. Holoceno
Qh-al	Depósito Aluvial. Holoceno
Nm-hu	Fm. Huaylillas. Mioceno
PN-mo_i	Fm. Moquegua inferior. Mioceno
KsP-qu	Grupo Toquepala. Fm. Quellaveco
KsP-sa/tb	Toba cristalolítica brecha y siliciticada. Eoceno - Oligoceno
KsP-sa	Lava dacítica y tobas vitrolíticas Eoceno - Oligoceno
Ks-pa/tb	Grupo Toquepala. Fm. Paralaque: Toba Soldada lítica. Cretaceo inferior-Eoceno
Ki-ma	Fm. Matalaque. Derrames Andesíticos. Cretaceo inferior.

SIMBOLOGÍA

- Depósitos coluviales
- Depósitos aluviales/coluviales
- Cantera de rocas
- Zona de deslizamiento
- Zona de roca muy fracturada
- Bloques en posición metaestable

SECCION A-A´

ESC:1/2000



LEYENDA GEOLÓGICA

Qh-fl/al	Depósito Fluvio-aluvial. Holoceno
Qh-al	Depósito Aluvial. Holoceno
Nm-hu	Fm. Huaylillas. Mioceno
PN-mo_i	Fm. Moquegua inferior. Mioceno
KsP-qu	Grupo Toquepala. Fm. Quellaveco
KsP-sa/tb	Toba cristalolítica brecha y siliciticada. Eoceno - Oligoceno
KsP-sa	Lava dacítica y tobas vitrolíticas Eoceno - Oligoceno
Ks-pa/tb	Grupo Toquepala. Fm. Paralaque: Toba Soldada lítica. Cretaceo inferior-Eoceno
Ki-ma	Fm. Matalaque. Derrames Andesíticos. Cretaceo inferior.

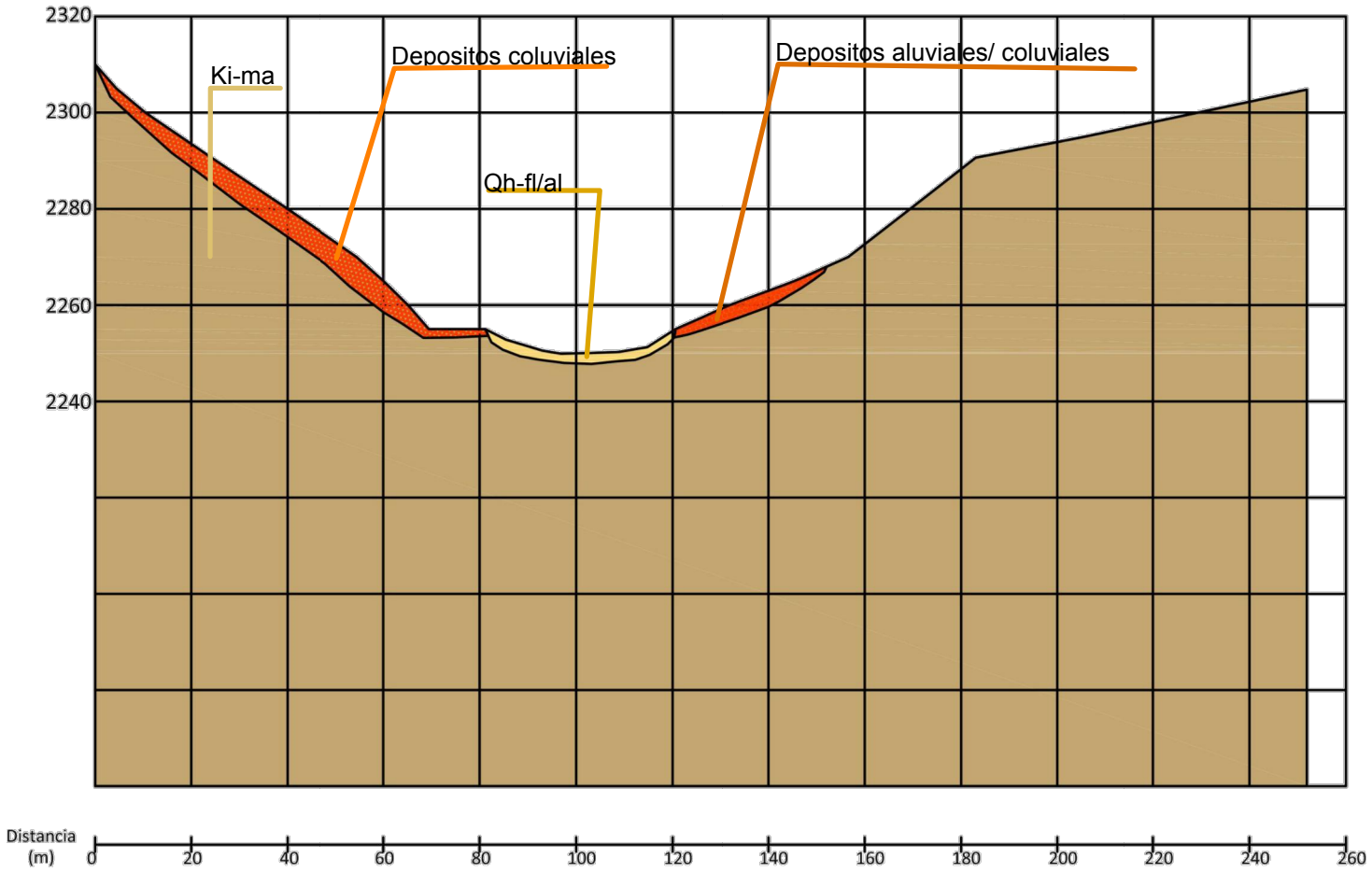
SIMBOLOGÍA

- Depósitos coluviales
- Depósitos aluviales/coluviales
- Cantera de rocas
- Zona de deslizamiento
- Zona de roca muy fracturada
- Bloques en posición metaestable

SECCION B-B´

ESC:1/2000

SECCIÓN C- C'



LEYENDA GEOLÓGICA

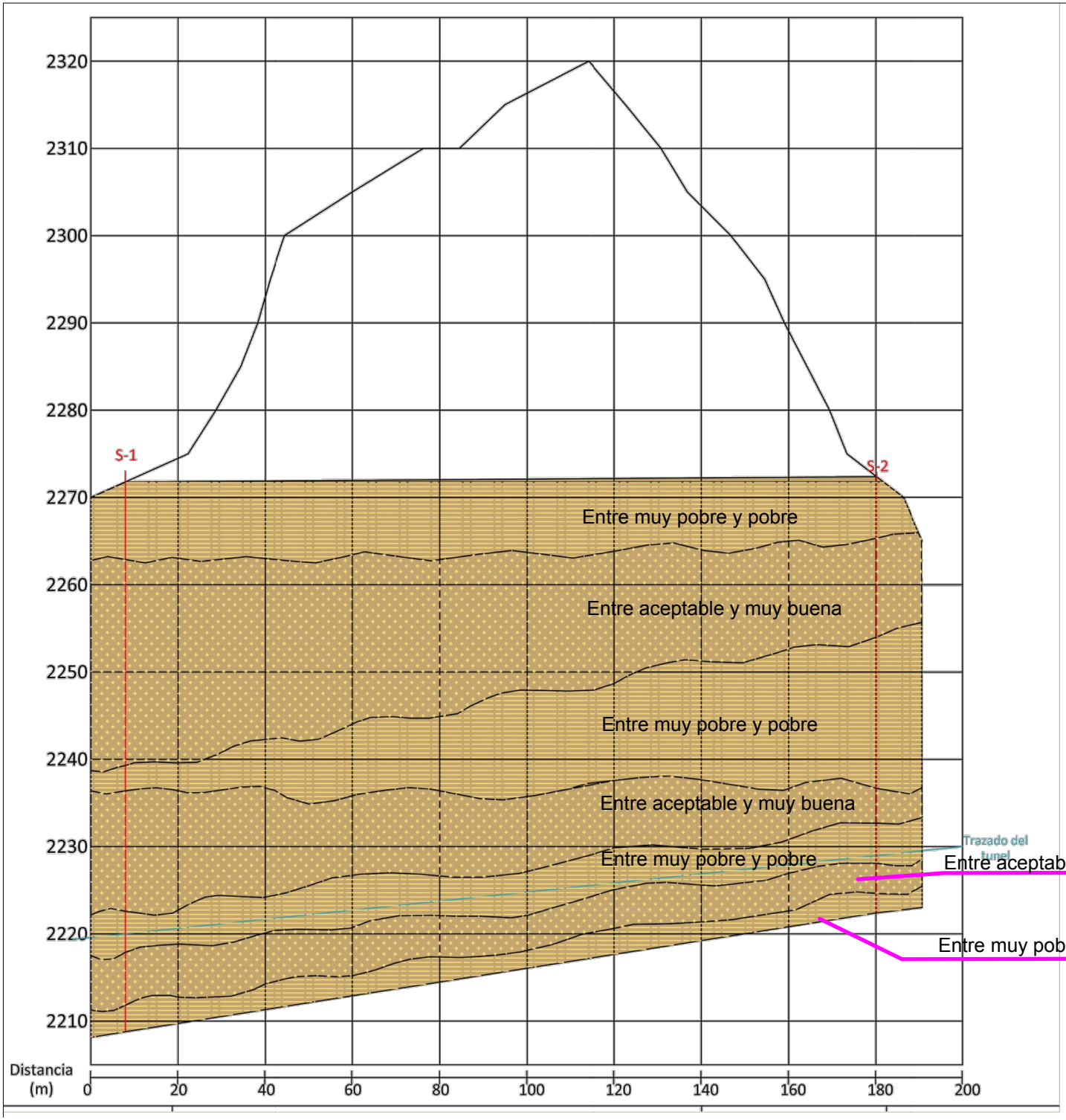
Qh-fl/al	Depósito Fluvio-aluvial. Holoceno
Qh-al	Depósito Aluvial. Holoceno
Nm-hu	Fm. Huaylillas. Mioceno
PN-mo_i	Fm. Moquegua inferior. Mioceno
KsP-qu	Grupo Toquepala. Fm. Quellaveco
KsP-sa/tb	Toba cristalolítica brecha y silicitica Eoceno - Oligoceno
KsP-sa	Lava dacítica y tobas vitrolíticas Eoceno - Oligoceno
Ks-pa/tb	Grupo Toquepala. Fm. Paralaque: Toba Soldada l Cretaceo inferior-Eoceno
Ki-ma	Fm. Matalaque. Derrames Andesíticos. Cretaceo inferior.

SIMBOLOGÍA

- Depósitos coluviales
- Depósitos aluviales/coluviales
- Cantera de rocas
- Zona de deslizamiento
- Zona de roca muy fracturada
- Bloques en posición metaestable

SECCION C-C´

ESC:1/2000



LEYENDA GEOLÓGICA

Qh-fl/al	Depósito Fluvio-aluvial. Holoceno
Qh-al	Depósito Aluvial. Holoceno
Nm-hu	Fm. Huaylillas. Mioceno
PN-mo_i	Fm. Moquegua inferior. Mioceno
KsP-qu	Grupo Toquepala. Fm. Quellaveco
KsP-sa/tb	Toba cristalolítica brecha y silicificac Eoceno - Oligoceno
KsP-sa	Lava dacítica y tobas vitrolíticas Eoceno - Oligoceno
Ks-pa/tb	Grupo Toquepala. Fm. Paralaque: Toba Soldada lít Cretaceo inferior-Eoceno
Ki-ma	Fm. Matalaque. Derrames Andesíticos. Cretaceo inferior.

GRADO DE RQD

- Entre muy pobre y pobre
- Entre aceptable y muy buena

SECCIIN GEOLOGICAS

SECCION DE TUNEL

ESC:1/2000

Entre aceptable y muy buena

Entre muy pobre y pobre

5.4. Geología Estructural

A fin de determinar las principales fallas y estructuras que afectan al área de investigación para el emplazamiento de la presa kullku, se ha identificado los principales rasgos estructurales regionales y locales.

5.4.1. Rasgos Estructurales Regionales

A. Fallas

Dentro del grupo de fallas que afecta al área de estudio, destaca la gran falla regional de Incapuquio y un sistema de fallas de orientación Noreste que se encuentran al lado Norte de la falla Incapuquio.

Falla Incapuquio

Dentro del grupo de fallas mapeadas, destaca la gran falla regional de Incapuquio y un sistema de fallas de orientación Noreste, esta se encuentra pasando por parte del tramo de conducción de las aguas.

Es una falla regional reconocida y mapeada desde la frontera con Chile, ingresa al por el borde Sur a inmediaciones de la hacienda Putina, de donde continúa con rumbo N 50° O por la esquina Suroccidental de la hoja hasta salir de ella por la localidad de Chejaya. Su traza en todo este tramo de cerca de 31 Km. de longitud es bien conspicua; entre el borde occidental de la hoja y Alto de Las Cuchillas constituye un alineamiento definido a lo largo del cual corre la quebrada Chintari, desde el cerro Las Cuchillas hasta el extremo meridional, la traza no es claramente visible por estar cubierta por detritos de ladera.

La falla Incapuquio afecta principalmente a los volcánicos Toquepala y sólo en un pequeño sector del extremo Suroriental disloca a la formación Ataspaca, poniéndola en contacto con la formación Toquepala. En la apacheta de Mogotito el tufo Huaylillas se halla cubriendo la taza de la falla sin ser afectada.

Las características más importantes de esta falla son: su alineamiento casi recto que sugiere un plano de fracturamiento de alto ángulo; y zonas de intensa alteración que existen en ciertos tramos de su traza, donde las rocas se presentan fuertemente fragmentadas.

Sector por donde pasa la falla Incapuquio

Falla Curibaya

Se desprende del lado Norte de la falla Incapuquio en un punto situado al Oeste del paraje Coropuro (río Sama). La falla presenta zonas de alteración y localmente escarpas pronunciadas que siguen un rumbo promedio N 25° O con buzamiento de 47° a 69° al NE.

La falla afecta en toda su longitud a la formación Toquepala. Debido a su intersección con la falla Incapuquio con un ángulo menor de 45°, se le considera subsidiaria de aquella y posiblemente originada por los mismos esfuerzos de compresión.

Falla Cairani

Esta falla se reconoce en una longitud aproximada de 12 Km. desde las inmediaciones del pueblo de Cairani hasta el Alto de Caballune, su rumbo promedio es de N 40° O y su echado 65° al NE.

En las inmediaciones de Camilaca se encuentra cortando a rocas de las formaciones Chachacumane y Toquepala; en el Alto de Cairani su traza se halla cubierta por los tufos Huaylillas.

Aunque no existen evidencias muy claras respecto al sentido del movimiento, las observaciones de campo nos hacen suponer que se trata de una falla normal con el bloque Norte hundido

B. Pliegues

Pequeñas estructuras plegadas se han mapeado en las localidades correspondiente al tramo, donde se puede apreciar estructuras como anticlinales y sinclinales los que se encuentran bastante fracturados motivo que no es fácil su reconocimiento en el tramo.

Estas son pequeñas estructuras desarrolladas en el volcánico Toquepala, se hallan al lado Norte y Sur de la falla Incapuquio respectivamente.

5.4.2. Rasgos estructurales de la zona

Los rasgos estructurales a escala 1:500 se basan en las discontinuidades que presenta el macizo rocoso andesítico.

Del análisis de todos los datos de las estaciones geomecánicas realizadas (informe previo y HC&ASOCIADOS) se puede determinar las siguientes consideraciones:

- De todas las juntas analizadas en las distintas estaciones geomecánicas se pueden establecer una serie de familias en función de su dirección de buzamiento.

Resumen orientaciones principales de las familias de discontinuidades.

FAMILIA	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO
J1	310-360
J2	50-90
J3	210-290
J4	110-180
J5	25-60

De un análisis estadístico, a partir de los datos cinemáticos obtenidos con las representaciones estereográficas de las discontinuidades, se puede considerar que:

- La familia de juntas denominada J1 tiene tendencia a ocasionar inestabilidades por volteo en las cercanías de la zona de boquilla derecha de la presa.
- La familia de juntas denominada J1 tiene tendencia a ocasionar inestabilidades de tipo planar en la zona izquierda de la boquilla de la presa.

- La conjunción de las familias denominada J3 y J5 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla de la presa.
- La conjunción de familias denominada J1 y J2 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla de la presa.
- La conjunción de familias denominada J1 y J3 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla.
- La conjunción de familias denominada J1 y J4 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla.
- La conjunción de familias denominada J1 y J3 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla.
- La conjunción de familias denominada J2 y J3 tienen tendencia a producir inestabilidades por cuña en la zona izquierda de la boquilla.

Del análisis realizado de estos datos se puede determinar qué:

- En la zona derecha de la boquilla de la presa la inestabilidad predominante es la caída de bloques por volteo.
- En la zona izquierda de la boquilla de la presa las inestabilidades predominante son las de tipo cuña y planar.

5.4.3. Tectónica y Sismotectónica

Tectonismo de los Andes Peruanos

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que hay en la tierra, formando parte del Cinturón Circumpacífico.

El mecanismo básico que causa el movimiento de las placas no se conoce, pero se dice que es debido a corrientes de convección o movimientos del manto plástico y caliente de la tierra y también a los efectos gravitacionales y de rotación de la tierra.

Los rasgos tectónicos superficiales más importantes en el área de estudio (Berrocal et al, 1975) son:

- La Fosa Oceánica Perú Chile.
- La Dorsal de Nazca.

- La porción hundida de la costa al norte de la Península de Paracas, asociada con un zócalo continental más ancho.
- La Cadena de los Andes.
- Las unidades de deformación y sus intrusiones magmáticas asociadas.
- Sistemas regionales de fallas normales e inversas y de sobre escurrimientos.

La Dorsal de Nazca tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica de la parte occidental, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de los otros rasgos tectónicos. En la parte oceánica, la Dorsal de Nazca divide la Fosa Oceánica en la Fosa de Lima y la Fosa de Arica.

La Cadena Andina es el rasgo tectónico más evidente. Su orogenésis es un producto de la interacción de las placas litosféricas, cuyo desarrollo está todavía vigente. La convergencia de la Placa de Nazca y la Sudamericana da como resultado una deformación dentro de la Litósfera continental.

El régimen de esfuerzo regional tectónico parece ser predominantemente de compresión, normal a las líneas de la Costa y a la dirección de las Cordilleras. La parte occidental del área de estudio está constituida por varias unidades tectónicas con diferentes grados de deformabilidad, debido a su diferente litología y época de formación. La unidad de deformación Precambriana no presenta actividad sísmica, mientras que la unidad de deformación Paleozoica presenta actividad sísmica de profundidad superficial a intermedia, tal como en la zona de Huaytapallanacerca a Huancayo, en Cusco y en Abancay.

La deformación en la corteza se caracteriza por fallas inversas, de rumbo predominantemente Norte a Nor-Noroeste en los Andes, que buzan con bajo ángulo sea al Sur Oeste o al Noreste.

El sistema de fallas subandino, localizado a lo largo del flanco oriental de los Andes, representa la parte más oriental de esta deformación de la Corteza. El contacto de la unidad de deformación Supra Terciaria con las unidades más antiguas está asociado con este sistema de fallas normales e inversas.

Otro rasgo importante en la unidad Andina lo constituyen las deposiciones volcánicas que son antiguas hacia el norte de la zona de transición, y modernas y antiguas hacia el Sur (Deza y Carbonell, 1978).

Sismotectónica Regional

El Mapa sismotectónico de la región en estudio, están dibujados los hipocentros del Catálogo Sísmico del Proyecto SISRA de 1963-1992 que ha sido actualizado con los datos obtenidos del IGP hasta el 31 de agosto del 2011 y los rasgos neotectónicos presentados por Sebrier et al (1982).

La falla activa de Chulibaya se localiza entre Locumba y Curibaya, al límite del Piedemonte Pacífico y la Cordillera Occidental, en el departamento de Tacna. La falla se sigue en una quebrada afluente a la margen izquierda del río Curibaya. Esta falla es normal, tiene una longitud de 5 km y un salto de 2 metros en promedio, y muestra evidencias de una actividad sumamente reciente. Desafortunadamente esta falla todavía no está lo suficientemente estudiada como para poder modelarla en la evaluación del peligro sísmico.

En Calientes, al NE de Tacna existe la flexura de Calientes, que tiene un rumbo de N125ºE y una longitud de 15 km. También existe al noreste de la falla activa de Chulibaya, la falla de Inca Puquio.

Todos los sismos en la porción oceánica corresponden a la zona de subducción, mientras que en la porción continental se incluyen los sismos de la zona de Benioff, con profundidades focales mayores de 70 km y los sismos continentales que son superficiales.

Al considerar las fuentes de sismos que puedan ser significativos para las aceleraciones en el área del Proyecto, es importante tener en cuenta las diferencias fundamentales en las características de atenuación asociadas con los sismos de subducción y los sismos superficiales. En general, los sismos superficiales se atenúan con mayor rapidez que los sismos de subducción.

5.4.4. Sismicidad de la zona

La zona de estudio se encuentra en una región de elevada actividad sísmica, donde es posible la ocurrencia de sismos de gran intensidad durante la vida útil del proyecto. La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la

placa continental sudamericana. Subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos, cuando menos profundos son en su origen.

Como los sismos de la región se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Consiguientemente la zona estudiada según su posición, resulta ubicada en una zona de alto riesgo sísmico, tanto por la frecuencia de los movimientos, como por la severidad de ellos debido a su ocurrencia a escasas profundidades de la corteza.

A lo largo de casi 450 años, la zona sur del país ha sufrido más de 17 movimientos telúricos con intensidades comprendidas entre clase VII y clase IX en la Escala Modificada de Mercalli. En los años 1966, 1970 y 1974, ocurrieron movimientos sísmicos muy fuertes que afectaron la región y luego de una prolongada “calma sísmica” de más de 23 años, esta ha sido rota en 2001 con el sismo de magnitud 7,5 que destruyó en gran parte la ciudad de Nazca. El último evento y más reciente es el ocurrido en el 2001 cuando se produjo un terremoto de magnitud 6,9 en Camaná afectando las regiones de Tacna y Moquegua.

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona de alta sismicidad (Zona 3), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII y IX en la escala Mercalli Modificada.

CAPITULO VI: HIDROLOGÍA- HIDROGEOLOGÍA

6.1. GENERALIDADES

El sitio de la Presa Kullku se halla localizado en las proximidades del encuentro de los ríos Borogueña y Camilaca. La cuenca de Kullku se caracteriza por ser un terreno muy empinado, hasta alcanzar la cumbre sobre los 5000 msnm.

6.1.1. Hidrografía-Sistema Hídrico kullko

La Qda. Borogueña y el Rio Camilaca confluyen y conforman el rio Ilabaya. En las proximidades del encuentro de ambos ríos, aguas abajo, se ubica la presa Kullku. El rio Ilabaya luego se une al Curibaya y conforman el Rio Locumba el cual finalmente descarga en el océano Pacifico. (Ver Gráfico Nº04)

En el Grafico se puede observar algunas conexiones entre los sistemas de los proyectados embalses de Coltani y Kullku, y la Laguna Aricota.

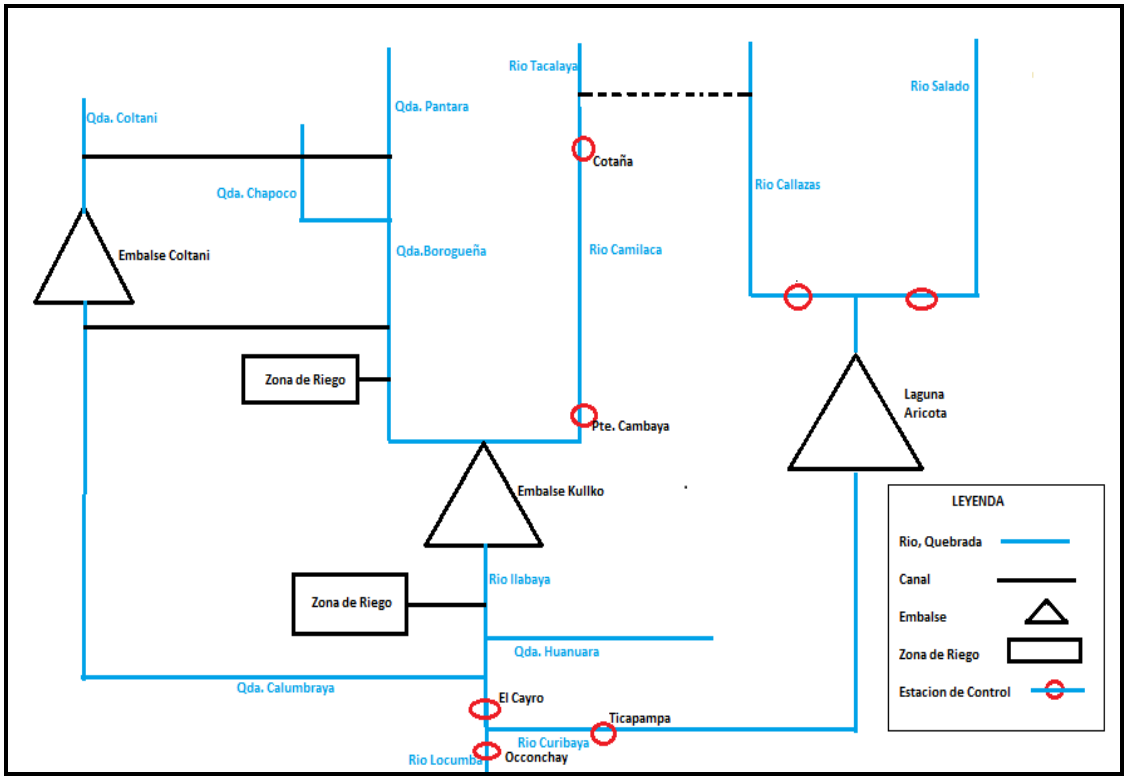


Figura 4: Diagrama fluvial del Sistema Hídrico Kullku

6.1.2. Parámetros Fisiográficos

Estos parámetros caracterizan diversos aspectos de la fisiografía, geomorfología o morfometría de la cuenca. Estos números permiten cálculos rápidos sobre tiempos de concentración, caudales medios y máximos, entre otras variables. Parámetros

importantes son el área de cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, pendiente, etc. Un resumen de estos parámetros se muestra en el Cuadro Nº 7

Tabla 7: Parámetros de la Cuencas Kullku

Concepto	Unidad	Kullku(*)
Área (A)	Km2	467
Perímetro (P)	Km	93.85
Long.curso princ. (Lmax)	Km	43.0
Cota máxima (Hmax)	Msnm	5703
Cota mínima (Hmin)	Msnm	2247
Pendiente (S)	m/m	0.08
Desnivel	M	3456
Factor de Forma (Ff)	-	0.25
Coef. Compacidad (Kc)	-	1.22

Fuente: Elaboración propia- tesis 2019

La cota media del embalse de Kullku es la de 4073 msnm.

6.2. ESTUDIO DE LA PRECIPITACION

6.2.1. Información Disponible

Se emplean varias estaciones pluviométricas en las proximidades del Proyecto, como son Tacalaya, Suches, Qda. Honda, Vizcachas y Cairani. Otras estaciones también se emplean como de referencia.

Sobre la Red hidrometeorológica en la cuenca, existen varias estaciones que no funcionan en la actualidad, por lo que es necesario incrementar la densidad de estaciones. Especialmente en lo que se refiere a mediciones hidrométricas y sedimentológicas, en el sitio de la proyectada presa Kullku.

Tabla 8: Red de Estaciones Meteorológicas Proyecto Kullku

N°	Estación	Coordenadas Geográficas		Altitud	Fuente	Ubicación política		
		Lat. S	Long. W	msnm		Región	Provincia	Distrito
1	Tacalaya	17° 03'	70 °24'	4452	SPCC	Tacna	J. Basadre	Ilabaya
2	Qda. Honda	17° 33'	70° 33'	4200	SPCC	Tacna	Candarave	Camilaca
3	Suches	16° 55'	70° 23'	4452	SPCC	Tacna	Candarave	Candarave
4	Vizcachas	17° 16'	70° 15'	4625	SPCC	Moquegua	Mcal.Nieto	Carumas
5	Cairani	17° 17'	70° 20'	4452	SENAMHI	Tacna	Candarave	Cairani

Fuente: SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología; SPCC: Southern Perú Cooper Corporation;

6.2.2. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica

En esta sección, se realiza el análisis de la consistencia de la información, identificando los posibles fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como "Saltos" y/o tendencias en las series de tiempo históricas, así como la Completación y Extensión de la Información Hidrometeorológica.

La estrategia que se sigue para este propósito, consta de tres pasos, a) análisis gráfico, b) análisis de doble masa, y c) análisis estadístico.

Análisis gráfico

El análisis gráfico constituye el primer paso en la detección de algunos valores no homogéneos en las series. En el Gráfico se presenta los gráficos de cada una de las estaciones pluviométricas, apreciándose las diferentes longitudes de cada una así como su magnitud y regularidad y saltos aparentes.

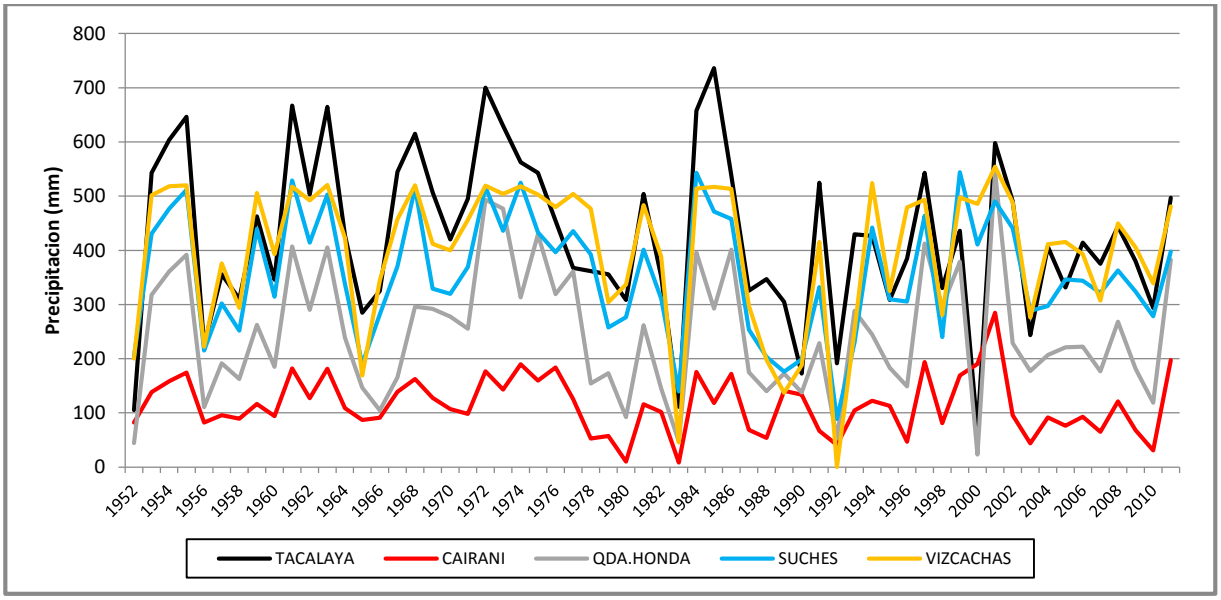


Figura 5: Análisis gráfico de series pluviométricas

Para facilitar el análisis, algunos meses faltantes se completaron con el promedio histórico del mes correspondiente de modo que el mismo promedio histórico.

Análisis de doble masa

El análisis de doble masa consiste en comparar el comportamiento de cada serie pluviométrica con el resto de series, una serie frente al promedio de las demás.

Para esto se procede a acumular los promedios de todas las series, frente a los acumulados de cada serie en particular, y una línea recta, sin mayores quiebres indicará que la serie es de buena calidad

En el gráfico adjunto se muestra el análisis de doble masa efectuado en estaciones con registros disponibles concurrentes. Como se observa no se evidencian quiebres significativos en las pendientes por lo que se concluye que los datos son homogéneos y no contienen no homogeneidades como saltos y tendencias.

En el Cuadro 9, se muestra las series pluviométricas anuales de cada estación empleada; en rojo los valores extendidos mediante regresión.

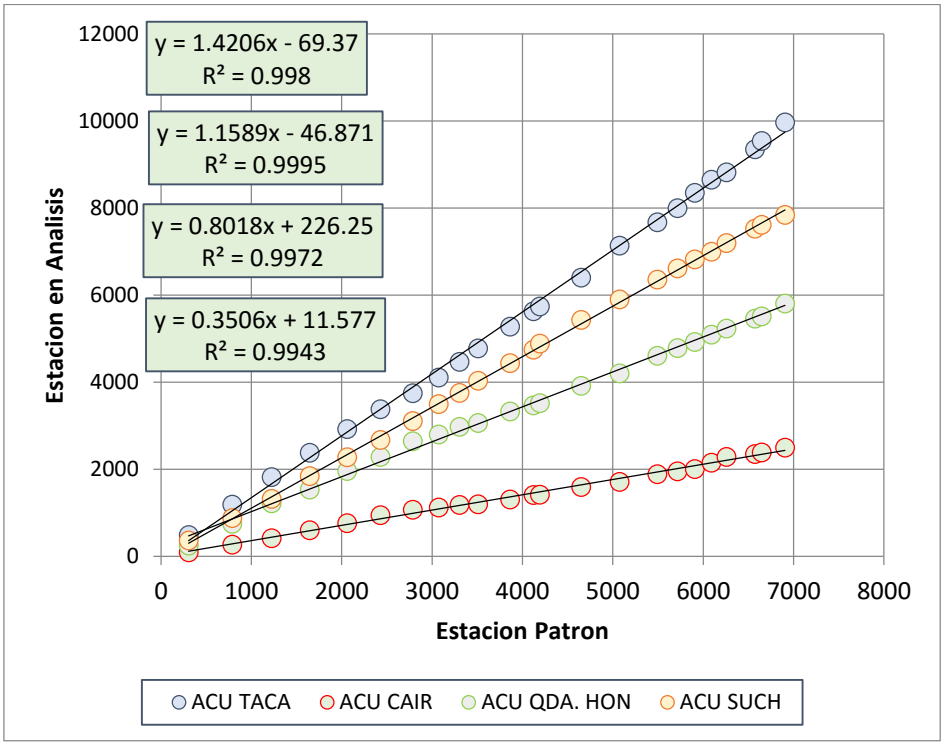


Figura 6: Doble Masa; Estaciones Tacalaya, Cairani, Qda. Honda y Suches

Tabla 9: Series pluviométricas empleadas en el Estudio

AÑO	TACALAYA	CAIRANI	QDA.HONDA	SUCHES	VIZCACHAS
1952	105,1	82,2	44,3	204,6	200,5
1953	542,9	138,4	317,9	430,5	501,6
1954	603,8	158,4	361,2	477,1	518,0
1955	646,4	174,1	392,0	511,9	520,0
1956	225,3	82,4	110,6	215	222,6
1957	356	95,7	191,6	302,3	375,9
1958	310,2	89,5	162,4	251,7	293,7
1959	462,8	116,7	262,5	439,4	505,9
1960	345,9	94,2	185,1	314,4	392,8
1961	666,9	182,2	407,0	528,6	517,9
1962	503,2	127,0	290,2	414,1	492,1
1963	665	181,5	405,6	502,8	520,3
1964	427,7	108,8	238,8	338,3	423,1
1965	285	86,8	146,7	190,3	169,2
1966	325,2	91,3	104,9	281,8	344,8
1967	544,9	139,1	165,7	370,5	457,5
1968	615	162,4	296,4	515	519,8
1969	506,8	128,0	292,1	329,1	411,9
1970	420,2	107,2	277,6	319,8	400,0
1971	494,9	98,3	255,4	369,1	456,2
1972	700,2	176,8	493,6	516,9	519,6
1973	629,9	143,2	476,6	435,9	504,3
1974	562,5	189,6	313,2	525	518,5
1975	543,3	159,7	429,9	433,3	503,0
1976	454,7	183,7	319,3	396,5	479,8
1977	367,5	125,4	361	435,7	504,2
1978	361,4	52,7	154,1	392,4	476,6
1979	355,5	57,7	173	257,7	304,4
1980	308,3	10,5	92,4	276,8	336,8
1981	504,1	116,1	261,7	401,2	483,3
1982	351,8	101,6	144,9	311,1	388,3
1983	111,4	8,4	47,3	139,5	45,7
1984	657,6	175,5	396,2	543,2	514,4
1985	736,4	118,3	292,5	471,7	516,9
1986	538,5	172,2	401,3	458,2	513,2
1987	325,5	68,4	174,8	253,6	297,1
1988	346,9	53,9	140,3	203,5	198,3
1989	305,1	141	172,6	176,3	137,0
1990	172,4	133,4	137,7	198,8	188,1
1991	524,5	67,2	228,5	331,9	415,4
1992	191,7	40,7	53	88,9	0,0
1993	429,4	104,7	288,5	229,8	252,4
1994	426,7	122,7	244,5	442,3	524,4
1995	308,8	112,7	183,3	309,9	324,8
1996	384,6	46,7	148,9	305,8	479,2
1997	543,2	193,9	412,6	463,8	493,6
1998	330,3	81,2	296,2	240,1	280,9
1999	436	169,4	379,1	544,2	497,7
2000	67,8	190,4	23,3	410,9	485,8
2001	597,9	285,1	545,3	490,6	554
2002	490,9	96	228,7	441	488,7
2003	243,6	43,9	177,3	288,5	276,1
2004	406,3	91,7	207	297,3	411,5
2005	331,7	76,4	221,1	346,2	415,2
2006	414,2	92,7	222,5	344,2	392,86
2007	375,0	64,9	176,6	321,2	307,3
2008	443,8	121,5	268,5	362,6	449,8
2009	380,0	67,9	181,6	324,0	405,5
2010	293,6	30,9	118,6	278,4	339,3
2011	497,1	197,4	382,7	397,9	480,8
PROM	425,1	115,5	248,0	356,6	399,1
PROM2	**444,3**	**111,9**	**259,9**	**372,2**	**429,4**

Análisis Estadístico

De acuerdo a los resultados de los análisis precedentes realizados, se concluye que no es necesario efectuar análisis estadístico de cambios estadísticamente significativos en las series analizadas.

Distribución Espacial de la Precipitación

Las cuencas de Borogueña y Camilaca, tienen altitudes que varían entre los 2500 msnm (cota mínima) y los 5000 msnm (cota máxima).

El análisis de las estaciones pluviométricas en la región, muestra una consistente variación de la lluvia en función de la elevación.

Tabla 10: Precipitación y Altitud de Estaciones

Estacion	H (msnm)	P (mm)
Tacalaya	4452.0	446.7
Qda. Honda	4200.0	279.3
Suches	4452.0	377.7
Vizcachas	4625.0	467.4
Cairani	3920.0	111.9
Coscori	2755.0	81.0

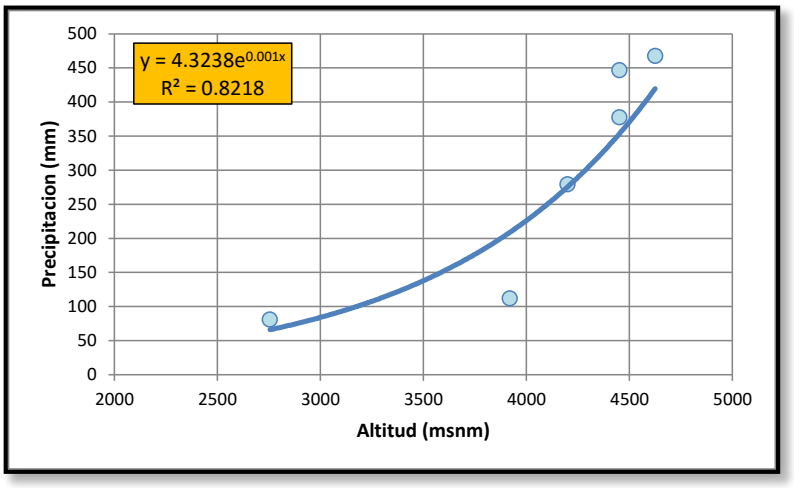


Figura 7: Variación de Precipitación con Altitud

Teniendo en cuenta que la cota media de la cuenca receptora del embalse de Kullku es la 4073, resulta una precipitación media estimada en la cuenca de 254 mm.

Tras el análisis de las estaciones pluviométricas localizadas en la zona de proyecto, conviene tener en cuenta además la existencia aguas abajo de la cuenca, en el rio Ilbaya antes de su confluencia con el rio Curibaya, de la estación de aforos el Cayro, la cual es utilizada por la Autoridad del agua para determinar la disponibilidad hidrológica del río Ilabaya.

Tabla 11: Disponibilidad Hídrica en la cabecera del bloque Chejaya-Ilabaya-Mirave

Mes	En la cabecera del bloque (MMC)	En la estación El Cayro (MMC)
Enero	3.214	2.625
Febrero	3.402	2.909
Marzo	2.593	2.184
Abril	1.283	0.93
Mayo	1.201	0.861
Junio	1.027	0.754
Julio	1.015	0.728
Agosto	1.044	0.626
Septiembre	0.932	0.406
Octubre	1.302	0.601
Noviembre	1.246	0.531
Diciembre	1.344	0.682
Anual	**19.603**	**13.837**

Fuente: Estudio de pre inversión a nivel de factibilidad del proyecto "instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de agua en la quebrada kullku"

6.3. DETERMINACION DE CAUDALES MEDIOS

En el Cuadro siguiente se muestra los resultados de aplicar varios métodos para estimar el caudal medio multianual en el sitio de presa Kullku.

Tabla 12: Resultados de Estimación de Caudal en Kullku

Método	Caudal (m3/s)	Fuente
Rendimiento Especifico	0.660	Evaluación Nacional del Potencial Hidroeléctrico
Rendimiento Especifico	2.126	Inventario Nacional de Aguas Superficiales
Coef. de Escorrentía	0.901	Datos de Estación Qda. Honda
Coef. de Escorrentía	1.316	Clasificación de C
Ecuación Regional	1.188	Datos de varias estaciones en Cuenca Locumba
Promedio	1.238	

Tabla 13: Parámetros hidrológicos en Cuencas Borogueña, Camilaca y Kullku

Parámetro	Borogueña	Camillaca	Kullku
Caudal medio anual (m3/s)	0.206	1.032	1.238
Lamina precipitada anual (mm)	264	354	254
Escorrentía anual (mm)	60.7	90.4	83.6
Coeficiente de escorrentía (c)	0.23	0.26	0.33
Altura máxima Hmax (msnm)	5380	5703	5703
Altura mínima Hmin (msnm)	2247	2247	2247
Rendimiento especifico (l/s/km2)	1.9	2.9	2.7
Vol. Escurrido anual (MMC)	6.50	32.55	39.04

6.3.1. Revisión del Análisis de Caudales Realizado y Conclusiones

Del análisis realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

I. El valor de 2.126 m3/s (el más alto) corresponde a un rendimiento de 4.55 l/s/km2, que a su vez se ha obtenido de un caudal promedio de 5.19 m3/s considerado para el río Callazas.

II. El valor obtenido de 1.316 m3/s (segundo valor más alto) se obtiene de un coeficiente de escorrentía(C) de 0.35 según cierta clasificación en base a topografía y vegetación. Según los valores de C obtenidos por la Evaluación Nacional del Potencial Hidroeléctrico (entre 0.11 a 0.19) y los mostrados para la estación Qda. Honda (0.26), el valor considerado (0.35) sería elevado.

III. Según el Atlas del potencial hidroeléctrico del Perú (2011), al analizar varias estaciones en distintas zonas del país se han obtenido varias ecuaciones de regresión de la forma: Q= exp(a)x(A^b)x(Pa^c), donde A es el área y Pa es la precipitación anual. Para la zona donde se ubica el proyecto los valores de a, b y c son -11.076, 0.8633 y 1.0416 respectivamente. Considerando un área de 467km2 y 254 mm de precipitación para la cuenca Kullku se obtiene un caudal de 0.998 m3/s.

De todo lo anterior se determina que el caudal medio multianual debería ser del orden de 0.9 a 1.0 m3/s. Se adopta, en lo sucesivo, un caudal medio multianual de 0.95 m3/s

6.3.2. Variación del Caudal Mes a Mes

El caudal es resultado de 4 fuentes: precipitación (escorrentía directa), deshielo de nevados, desagüe de lagunas o lagos y aporte de flujo subterráneo (flujo base).

Por las imágenes satelitales se observa la presencia de algunos nevados en la cabecera de la cuenca, sin embargo no hay lagunas.

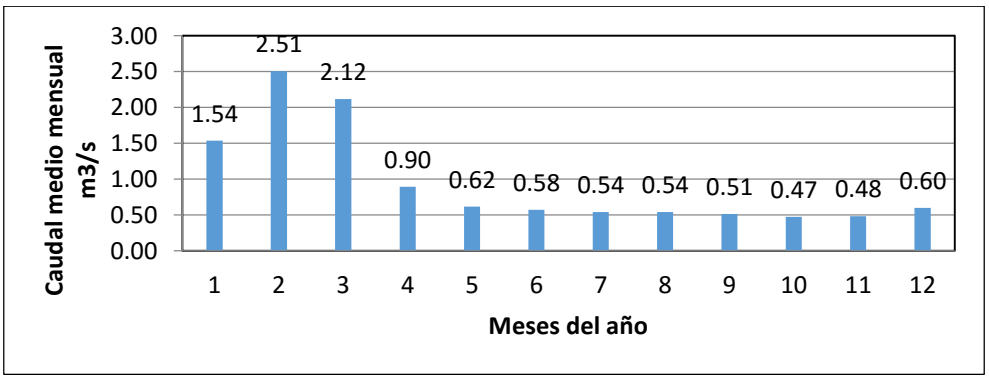


Figura 8: Variación mensual, caudales promedio

6.4. USOS Y DEMANDAS DEL AGUA

En el Distrito de Ilabaya, la mayor parte de su población se dedica a la actividad agrícola, la misma que además tiene una producción diversificada, definida por las condiciones agroclimáticas del distrito.

6.4.1. Usos Existentes

A continuación se muestra el esquema tipológico de la red hidrográfica y las áreas de riego existentes. La información se ha obtenido de los estudios de asignación de agua para los valles de bajo y alto Locumba realizado por la ALA Locumba-Sama (2005 y 2010).

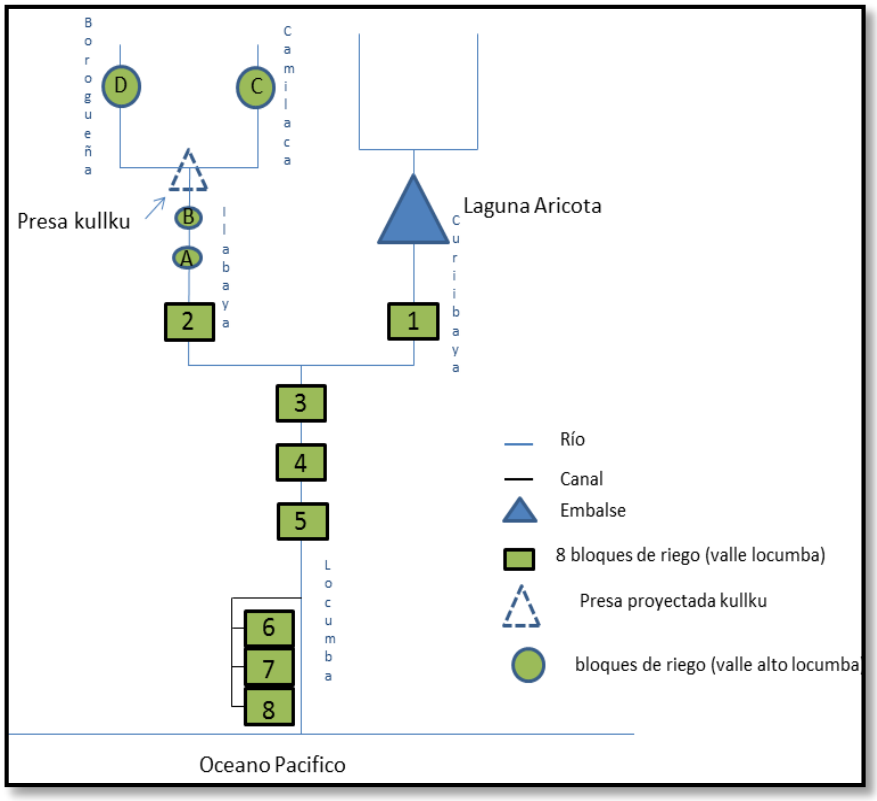


Figura 9: Esquema Topológico

En cuanto al valle alto de Locumba, los bloques de riego Toco Chico y Toco Grande también se consideran dentro de las áreas existentes a atender por el proyecto. Los bloques Cambaya y Borogueña se ubican aguas arriba de donde se ha proyectado el punto de represamiento por lo que no forman parte del proyecto Kullku. El volumen de agua asignando a Cambaya y Borogueña (4.39 MMC) no será descontado del proyecto pues se asume que los aforos en la estación el Cayro ya están afectados por el consumo aguas arriba.

6.4.2. Cálculo de la Demanda de Agua para Riego

Se obtiene una demanda total de 9.0 MMC, con un módulo promedio anual de 34 138 m3 por hectárea. Si se expresa el modulo en caudal por hectárea se obtiene un máximo de 1.3 l/s/ha en los meses de Noviembre, Diciembre y Febrero; y promedio anual de 1.1 l/s/ha.

6.4.3. Balance Hídrico

Consiste de comparar la oferta hidrológica versus la demanda de agua. Se ha hecho para un año representativo al 75% de persistencia de la oferta hídrica. Para dicha persistencia el caudal medio anual es de 0.62 m3/s.

La oferta hidrológica se muestra en régimen natural, con lo cual se podrá observar los excedentes y déficits que se presentan en el año y de esta manera se podrá estimar el volumen de agua que se necesita regular si fuera necesario.

Balance hídrico en situación actual

Se ha considera la demanda en situación actual (317 ha, con una eficiencia de 36%)

Tabla 14: Balance Hídrico en Situación Actual (en MMC)

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	Dic	Anual
Oferta	3.21	3.40	2.59	1.28	1.20	1.03	1.02	1.04	0.93	1.30	1.25	1.34	19.60
demanda	0.98	0.90	0.89	0.67	0.55	0.41	0.46	0.51	0.64	0.87	1.04	1.10	9.02

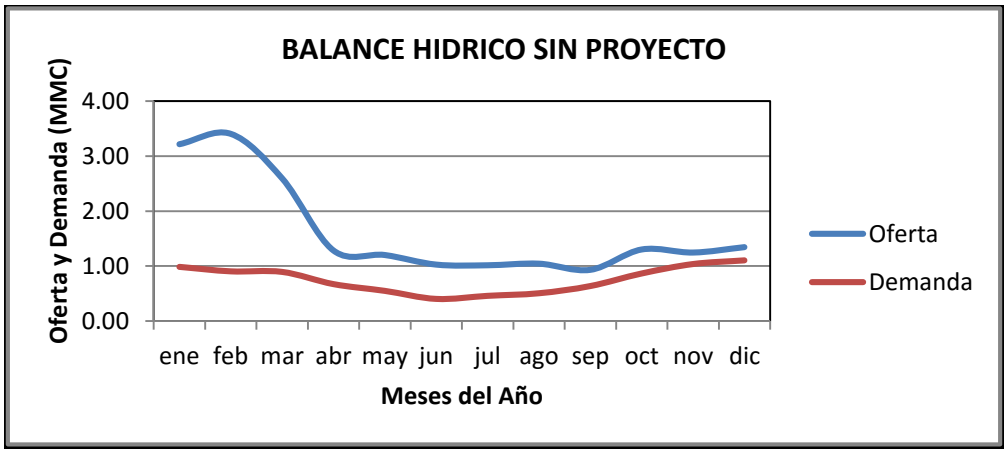


Figura 10: Balance hídrico sin proyecto

Como se observa en el grafico el régimen natural de la oferta siempre cubre la demanda mes a mes, por lo que no se necesita de almacenamiento en la situación actual.

Balance hídrico en situación con proyecto

Se ha considerado una mejora de 36% a 77% en la eficiencia de riego de las áreas existentes (550 ha). Las áreas nuevas (1850 ha) también tendrán una eficiencia de 77%. Siguiendo el criterio de regulación basado en conseguir un balance nulo para un año con el percentil 75% de aportaciones, y considerando que éstas totalizan 19.6 MMC con la distribución conocida, se necesita un volumen de regulación de 5.0 MMC:

Por lo tanto se requiere un volumen de almacenamiento de unos 5 MMC, que será llenado con el volumen de los meses de superávit, donde hay excedentes para abastecer la demanda deficitaria en los meses que no logra cubrirse con el régimen natural.

Tabla 15: balance hídrico en situación con proyecto (en MMC)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Oferta	3.21	3.40	2.59	1.28	1.20	1.03	1.02	1.04	0.93	1.30	1.25	1.34	19.60
demanda existente	0.63	0.60	0.55	0.40	0.28	0.22	0.24	0.27	0.37	0.57	0.69	0.69	5.51
demanda área nueva	1.92	1.91	1.82	1.16	0.84	0.79	0.82	0.91	1.19	1.68	2.11	2.08	17.23
Demanda total	2.56	2.52	2.37	1.56	1.12	1.01	1.06	1.17	1.56	2.25	2.80	2.77	22.74
Déficit Máximo				-0.28			-0.05	-0.13	-0.62	-0.95	-1.55	-1.43	-5.01

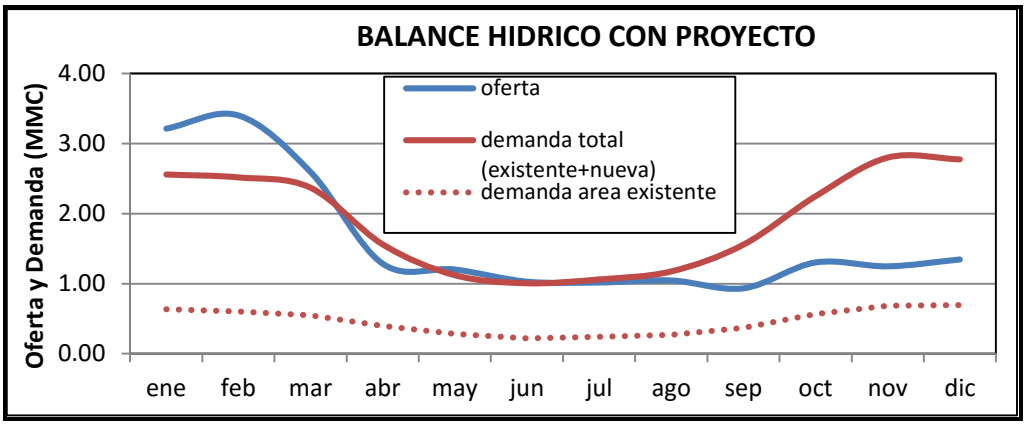


Figura 11: Balance Hídrico con Proyecto

6.5. HIDROGEOLOGÍA

6.5.1. Cuenca del Rio Ilabaya

La naciente de Ilabaya queda a 4,800 m.s.n.m., en la falda oriental del cerro Tacalaya a unos 3 Km. al Sur del paraje de Huayllani (3,900 m.s.n.m.); en este trayecto recibe el aporte de numerosos riachuelos que drenan el sector oriental del nevado Chuquiananta, los flancos Sur y Oeste del volcán Tutupaca y las pampas de Copapujo y Turun-Turun.

El valle en el tramo indicado es angosto, de fondo plano y poco profundo con una pendiente general de 4%.

Desde su unión con la quebrada Luquicacha su cauce cambia de rumbo al SO formando un codo pronunciado, aguas abajo se le conoce con los nombres locales de río Cotaña y río Camilaca hasta las cercanías del pueblo de Cambaya, donde recibe las aguas de la quebrada Borogueña originándose así el río Ilabaya, aproximadamente a 2,200 m.s.n.m.

La quebrada Borogueña desagua el sector Sur del nevado Chuquiananta y la pampa de Ichogollo; además incrementan el caudal del río en este tramo las aguas de las quebradas Tomacucho y Huacane cuyas cabeceras se encuentran en el bofedal de Turun-Turun, pampa Oconchay, loma del Corral y pampa de Charaque. Entre Huayllani y Cambaya el río discurre por un valle angosto y profundo con gradiente general de 8.5%.

Desde Cambaya el río Ilabaya sigue una dirección SO y en la localidad de Chejaya; aguas debajo de Chejaya el río no recibe aportes que incrementen su caudal por atravesar una zona árida donde las quebradas tributarias son de cabeceras cortas.

En la localidad de Mirave el río Ilabaya se une con el Curibaya originando el río Locumba.

6.5.2. Inventario de las Fuentes de Agua

Se han analizado y considerado las distintas fuentes de agua identificadas en campo. Así como los distintos ríos presentes en la zona de estudio y los resultantes de sus afluencias.

Los equipos empleados para la caracterización fisicoquímica del agua han sido:

- Sonda multiparamétrica de mano.
- GPS Garming
- Plomadas.
- Cintas métricas.

A continuación se muestra en la siguiente tabla los resultados obtenidos con los ensayos de campo.

Tabla 16: tabla Resultados obtenidos con los Ensayos de campo

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA							
EMPLAZAMIENTO	COORDENADAS		CAUDAL APROX. (l/seg)	T° (ºC)	CONDUCTIVIDAD (µs)	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (ppm)	Ph
	X	Y					
Rio Camilaca (puente)	347718	8083106	500	7,9	268	145	7,9
Rio Camilaca	347595	8082985	450	8,1	462	89	8,1
Quebrada Borogueña	347450	8083076	250	7,8	154	198	7,5
Afluencia rio Camilaca y Quebrada Borogueña	347385	8082979	1800	8,0	67,9	68	7,9
Rio Ilabaya	347034	8082462	2200	8,2	110	30	8

6.5.3. Acuífero

Reservorio acuífero Subterráneo

En la zona estudiada pueden determinarse dos tipos de acuífero: El reservorio acuífero en los depósitos sedimentarios y el acuífero en los depósitos fracturados en la roca.

El reservorio acuífero fisurado no presenta límites impermeables laterales definidos, dado que los afloramientos de las Formaciones geológicas, que limitan la cuenca hidrológica, pueden permitir la circulación del agua subterránea por fracturas. El escurrimiento de agua subterránea en las rocas es principalmente por permeabilidad secundaria (fracturas).

El acuífero en los depósitos sedimentarios no consolidados, aluviales y coluviales, es libre, cuyos límites laterales y en profundidad lo determinan las rocas que conforman la cubeta donde albergan los depósitos sedimentarios.

Unidades Hidrogeológicas

Las Formaciones en roca que presentan porosidad secundaria son poco permeables, cuyas aguas infiltradas están controladas por las estructuras de la roca, fallas, fracturas, zonas meteorizadas.

El área de estudio se caracteriza por la presencia de las siguientes unidades hidrogeológicas principales:

- Depósitos sedimentarios cuaternarios de escaso espesor y poca compactación, del orden de 5 a 13 metros de espesor, a base de materiales de bolonería, canto, grava y arena que favorecen la retención de agua e infiltración hasta las unidades de roca poco fracturada que también forma parte del acuífero. Este depósito se halla en casi todo el trayecto de los ríos Camilaca e Ilabaya.

- Roca volcánica del tipo andesita porfirítica que corresponde a unidades bien preservadas, caracterizada en su techo por zonas escoriacea seguidas por zonas masivas. En general estas unidades se encuentran afectadas por un conjunto de discontinuidades de moderada intensidad, por lo que se puede estimar que la permeabilidad en esta unidad es: primaria, dada por las vesículas, y secundaria, de mayor importancia, dado por el grado de anisotropía que presenta el substrato rocoso.

Las unidades consideradas como acuíferos están referidas a los depósitos sedimentarios (aluviales) y las rocas fracturadas están consideradas como acuitardos, que si bien almacenan agua en grandes cantidades no la transmiten de manera instantánea y en cantidades económicas. La roca fresca se la considera prácticamente impermeables.

Acuíferos Identificados

- Acuífero Fracturado

La recarga que se produce a través de las superficies meteorizadas y por las estructuras abiertas de las rocas y lateralmente por el aporte de otras Formaciones hace presumir la existencia de agua subterránea conformando acuitardos.

En este tipo de acuífero el flujo subterráneo circula principalmente a través de fracturas y planos de estratificación las cuales podrían estar eventualmente conectadas entre sí y manifestarse en superficie a través de filtraciones o manantiales.

- Acuífero Sedimentario

El acuífero principal de la cuenca está compuesto por los sedimentos aluviales y coluviales que se encuentran en el fondo del valle o quebradas.

Alimentación del Acuífero

- Acuífero sedimentario

El acuífero sedimentario se alimenta principalmente de la infiltración de las aguas del río y de las precipitaciones pluviales.

Los aportes de las quebradas tributarias recargan las pequeñas terrazas aluviales de la margen derecha del río.

Las aguas de los cauces superficiales que son tributarios al río Ilabaya son fuentes de alimentación a los depósitos sedimentarios en su recorrido, contribuyendo a la recarga del acuífero sedimentario

- Acuífero fisurado

Se alimenta de las precipitaciones pluviales, del río Ilabaya en las zonas de contacto.

Áreas de Recarga y Descarga

De acuerdo a los parámetros hidrológicos se observan dos periodos; el periodo lluvioso comprendido entre los meses de Diciembre a Marzo en el cual se produce la recarga y el periodo de estiaje comprendido entre los meses de Abril a Noviembre donde se produce la descarga.

Las áreas de recarga son las que presentan condiciones para la infiltración.

Topográficamente las áreas planas son las que mejor permitan la infiltración de las aguas alimentan al acuífero conjugándose con las condiciones geológicas y estructurales de las rocas y las características favorables de permeabilidad.

La recarga directa es producida por las precipitaciones pluviales a través de las estructuras de las rocas y sobre el área de influencia. Las principales áreas de recarga la constituyen los cauces de los ríos.

Las áreas consideradas como recarga corresponden a los valles y sus depósitos sedimentarios de origen aluvial y coluvial, al lecho del río Ilabaya y de sus tributarios y los sectores donde las rocas meteorizadas presenten condiciones para la infiltración de las aguas de precipitación.

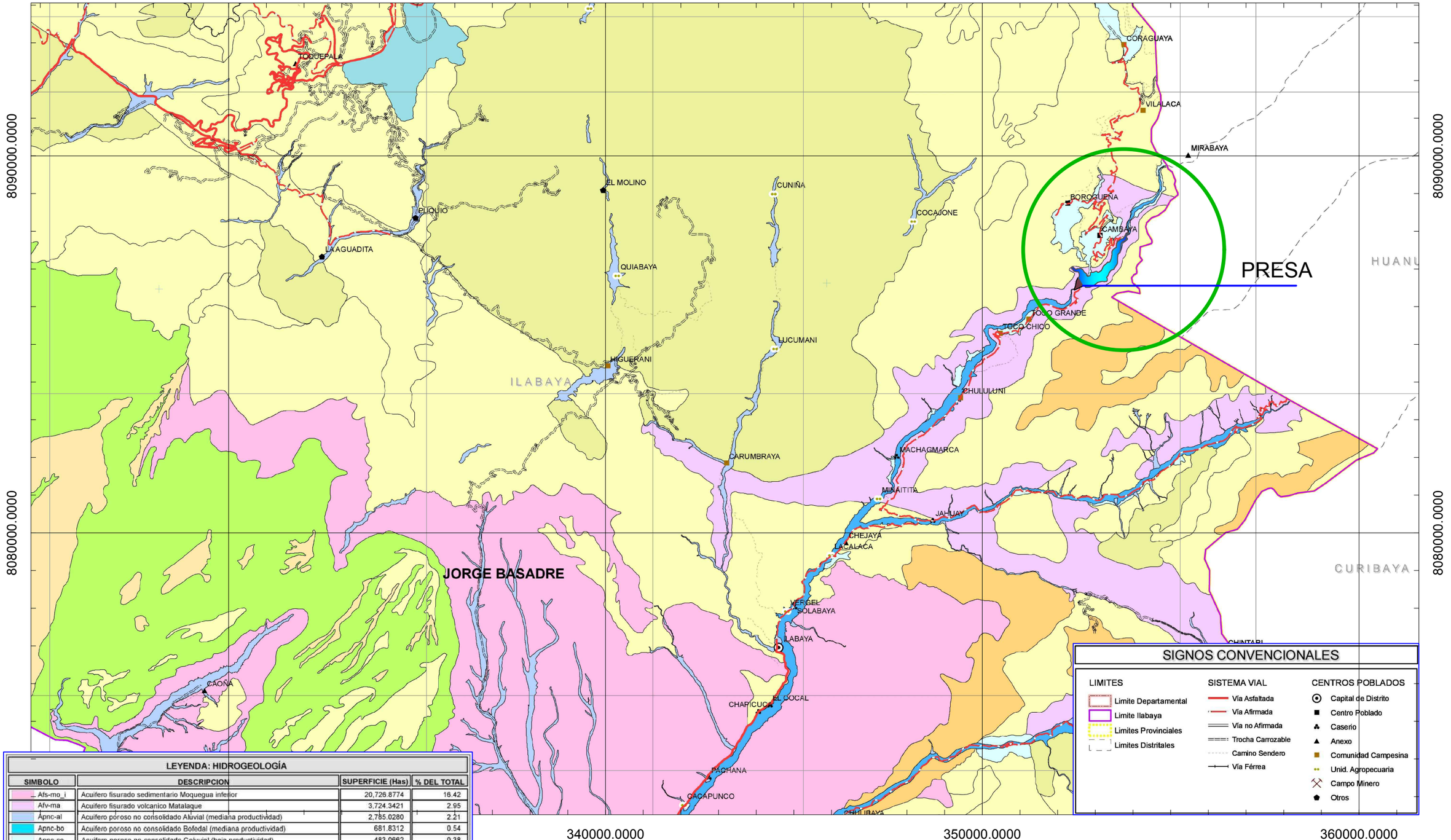
Todas las Formaciones geológicas mapeadas en superficie presentan distinto grado de conservación, de deformación y comportamiento a los esfuerzos, que han originado diversas estructuras y grados de alteración y meteorización, lo que permite que las aguas de precipitación pluvial al contacto con las Formaciones aflorantes, infiltren en mayor o menor porcentaje respecto del total del agua precipitada. La anisotropía de las rocas respecto a su distinta permeabilidad en distintas direcciones, no permiten considerar a las Formaciones como unidades homogéneas en este tipo de acuíferos de porosidad secundaria.

Las áreas de descarga están representadas por los manantiales y en las épocas de estiaje por las aguas de retorno al río Ilabaya provenientes de los bofedales de las partes altas y de las terrazas aluviales saturadas que dosifican las aguas acumuladas durante el periodo de avenida y la descargan en el estiaje.

(Ver plano N° 06: Hidrogeológico)

330000.0000 340000.0000 350000.0000 360000.0000

8090000.0000 8080000.0000



SIGNOS CONVENCIONALES

LIMITES	SISTEMA VIAL	CENTROS POBLADOS
Limite Departamental	Vía Asfaltada	Capital de Distrito
Limite Ilabaya	Vía Afirmada	Centro Poblado
Limites Provinciales	Vía no Afirmada	Caserio
Limites Distritales	Trocha Carrozable	Anexo
	Camino Sendero	Comunidad Campesina
	Vía Férrea	Unid. Agropecuaria
		Campo Minero
		Otros

LEYENDA: HIDROGEOLOGÍA

SIMBOLO	DESCRIPCION	SUPERFICIE (Has)	% DEL TOTAL
Afs-mo_i	Acuifero fisurado sedimentario Moquegua inferior	20,726.8774	16.42
Afv-ma	Acuifero fisurado volcanico Matalaque	3,724.3421	2.95
Apnc-al	Acuifero poroso no consolidado Aluvial (mediana productividad)	2,785.0280	2.21
Apnc-bo	Acuifero poroso no consolidado Bofedal (mediana productividad)	681.8312	0.54
Apnc-co	Acuifero poroso no consolidado Coluvial (baja productividad)	483.0662	0.38
Apnc-es	Acuifero poroso no consolidado Escombros mineros (mediana productividad)	1,442.3536	1.14
Apnc-fla	Acuifero poroso no consolidado Fluvio-aluvial (mediana productividad)	1,375.6802	1.09
Apnc-mo	Acuifero poroso no consolidado Morrena (mediana productividad)	1,468.0066	1.16
As-mo_s	Acuifero sedimentario Moquegua superior	11,727.4595	9.29
As-so	Acuifero sedimentario Sotillo	3,172.9699	2.51
Avs_ch	Acuifero volcánico sedimentario Chuquiamanta	2,904.7074	2.30
Ti-sv	Acuifero intrusivo Sub-volcanico	716.2516	0.57
Ti-ya	Acuitardo intrusivo Yarabamba	18,643.5327	14.77
Tv-as	Acuitardo volcanico Asana	1,119.6905	0.89
Tv-ca	Acuitardo volcanico Carpanito	1,030.6802	0.82
Tv-hu	Acuitardo volcanico Huaracane	2,947.3873	2.34
Tv-hy	Acuitardo volcanico Huaylillas	6,984.8703	5.53
Tv-pa	Acuitardo volcanico Paralaque	10,080.6206	7.99
Tv-sa	Acuitardo volcanico Samanape	25,393.1030	20.12
Tv-ya	Acuitardo volcanico Yarito	1,350.3989	1.07
Tvs-mi	Acuitardo volcanico sedimentario Millo	4,436.3804	3.52
Tvs-ta	Acuitardo volcanico sedimentario Tarata	3,003.1794	2.38
TOTAL		126,198.4170	100

PLANO DE HIDROGEOLOGICO

ESC: 1/100000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO HIDROGEOLOGICO	PLANO N°: PH-06
ESCALA: 1/100000	DIBUJO: BACH. MILAN ESQUIVEL CHANI. BACH. GLORIA PINARES ONUCUYCA.
FECHA: JUNIO-2019	REVISADO: ING. EDISON MATOS OJEDA
	APROBADO: ING. EDISON MATOS OJEDA

Profundidad del Nivel del Agua

La profundidad del nivel freático en la zona estudiada se ha reconocido en las calicatas, donde esta profundidad oscila entre **0,7 a 1,5 m**, dependiendo de la cota topográfica respecto a la del rio.

El nivel de las aguas subterráneas en la roca es muy variable debido a las variaciones extremas en las conductividades hidráulicas y a su anisotropía. No se conoce la profundidad de las aguas subterráneas en la roca debido a la ausencia de información, si bien cabe pensar que la parte superficial de esta que se encuentra más fracturada presente un cierto grado de saturación.

Sentido de Escurrimiento en el Acuífero Sedimentario- Modelo conceptual

El principal acuífero lo constituye los depósitos aluviales y glaciares ubicados al centro del valle por donde discurre el río Ilabaya y tributarios.

Al nivel del río Ilabaya el sentido de las aguas subterráneas sigue la pendiente del terreno y la topografía del terreno.

Resumiendo podemos decir que la zona de estudio presenta dos tipos acuífero; el primero es un acuífero detrítico o sedimentario, de tipo libre, conformado por depósito aluviales y coluviales con un grosor entre 5 a 13 metros según los resultados obtenidos en los perfiles sísmicos y en los SEV’s y el segundo se presenta en medio fracturado, acuífero acuitardo, que probablemente tenga una potencia de unos 3-5 metros saturado.

La dirección del flujo en el vaso tiene el sentido del río Camilaca y en la zona de boquilla tiene la dirección del río Ilabaya, el nivel freático se encuentra entre 0,70 a 1,50 metros aproximadamente con respecto al flujo del río Ilabaya y Camilaca.

CAPITULO VII: GEODINÁMICA

7.1. GEODINÁMICA INTERNA

Para la identificación de las fuentes sismogénicas y la caracterización de su actividad, la evaluación del peligro sísmico, además de los estudios geológicos y tectónicos, requiere de una información detallada de la sismicidad del área de influencia. Esta información, que es obtenida de catálogos de sismos históricos e instrumentales, permite delimitar en forma más precisa la ubicación de las fuentes sismogénicas y la estimación de la frecuencia de sismos.

7.1.1. Historia Sísmica

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas de los sismos históricos se ha obtenido del trabajo de Silgado, el cual describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú.

Un mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú ha sido presentado por Alva Hurtado et al (1984).

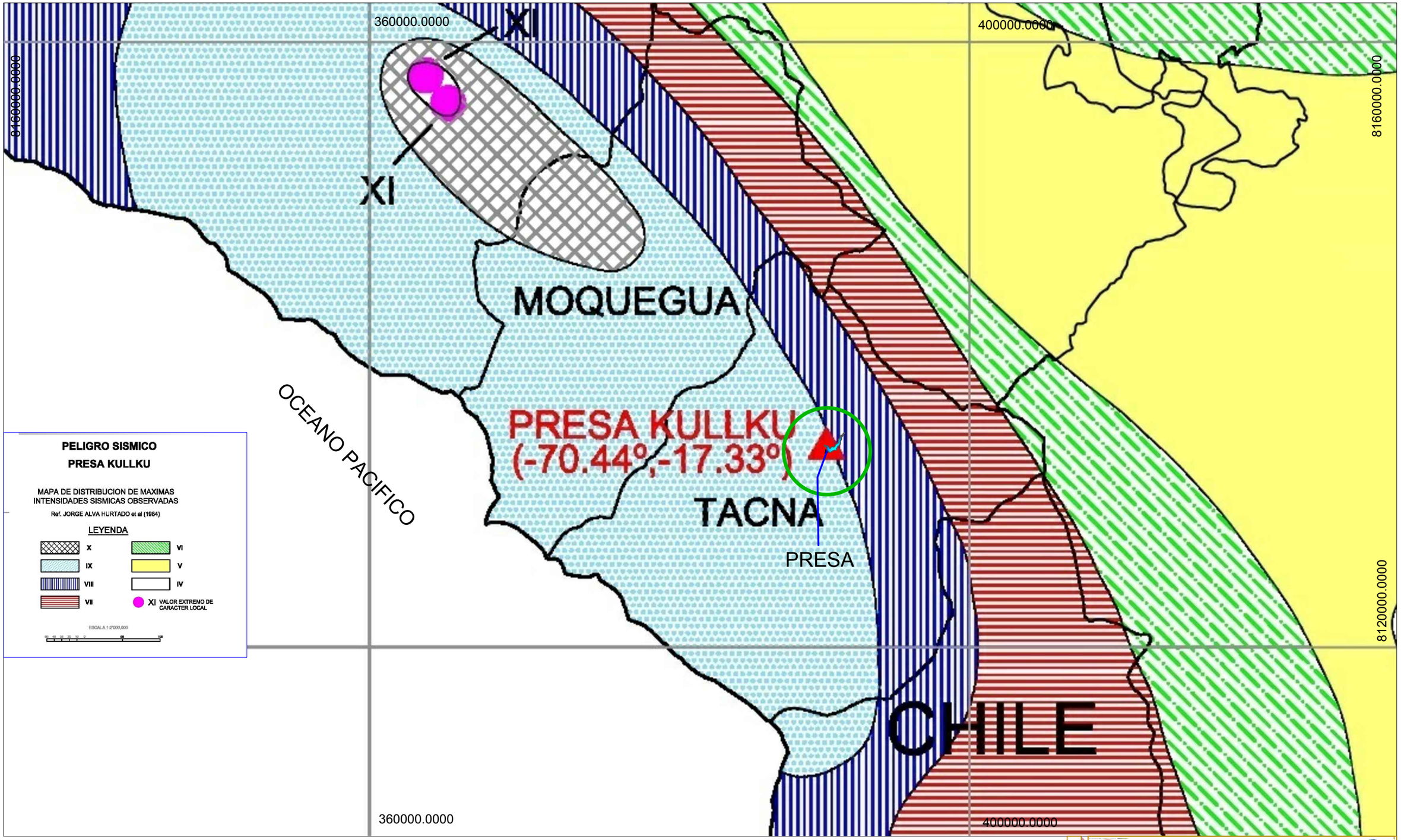
(Ver plano N° 07: Intensidades Sísmicas)

7.1.2. Información Sísmica Instrumental

Se debe indicar que esta información se encuentra recopilada en el catálogo sísmico del Proyecto SISRA (1985), hasta el año 1992 con los datos verificados publicados por el ISC (International Seismological Centre) y actualizados hasta el 31 de agosto del 2011 con los datos publicados por el IGP.

La distribución de epicentros en el área de influencia del Proyecto, elaborado en base al catálogo sísmico del Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina) patrocinado por CERESIS. Dicho mapa presenta los sismos ocurridos entre 1963 y 2011 con magnitudes en función de las ondas de cuerpo mb. Además, se ha dibujado las diferentes profundidades focales de sismos superficiales (0 70 km), sismos intermedios (71 300 km) y sismos profundos (301 700 km). El último plano representa el perfil transversal perpendicular a la costa, con un ancho de 200 Km.

Los sismos en el área de influencia presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano, es decir, la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo a la costa. Se aprecia la subducción de la Placa de Nazca, ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta. También se



PLANO DE INTENSIDADES SISMICAS

ESC: 1/100000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

"ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA KULLKU-TACNA"

DEP.TACNA-PROVINCIA: JORGE BASADRE-DISTRITO:ILABAYA

TITULO: PLANO DE INTENSIDADES SISMICAS

PLANO N° : PIS-07

ESCALA: 1/100000

FECHA: JUNIO-2019

REALIZADO POR :

HC & ASOCIADOS S.R.L.
CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS
PROYECTOS E INVERSION E ASESORIA

producen sismos en el continente que son superficiales e intermedios, y que estarían relacionados a posibles fallas existentes.

7.1.3. Estudio Sísmico por el Método Probabilístico

La primera parte del método consiste en una revisión de la actividad sísmica del pasado, para definir las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas de la región, donde la probabilidad de ocurrencia de sismos de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente. El segundo paso es caracterizar cada fuente sismogénica por su magnitud máxima y su relación frecuencia-magnitud (Log N = a - bM

EVALUACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS:

En el presente estudio de Peligro Sísmico se han utilizado las fuentes sismogénicas definidas por Castillo (1993). La actividad sísmica en el Perú es el resultado de la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca, y el proceso de reajustes tectónicos del Aparato Andino. Esto permite agrupar a las fuentes en Fuentes de Subducción y Fuentes Continentales.

Las Fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca. Las Fuentes Continentales están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina. Se han presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos para modelar fallas como fuentes lineales en este tipo de análisis. Las fuentes sismogénicas se han definido en base a los catálogos sísmicos, a las profundidades focales y a la sismotectónica.

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada es producto de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. La Placa de Nazca se profundiza a medida que avanza hacia el Continente, por lo que pueden distinguir Fuentes de Subducción Superficial (F4 y F5), Fuentes de Subducción Intermedia (F16 y F17) y una Fuente de Subducción Profunda (F20). Las Fuentes de Subducción Superficial, Intermedia y Profunda tienen profundidades focales promedio de 50, 100 y 600 Km respectivamente.

Las Fuentes F8, F9 y F12 están asociadas a la sismicidad regional andina con profundidades focales superficiales, sin estar asociadas a fallas activas. La Fuente F7 está asociada a la falla del Santa. La Tabla Nº 14 presenta las coordenadas geográficas de las fuentes sismogénicas de subducción superficial y continental y la Tabla Nº 15 presenta las coordenadas para las fuentes de subducción intermedia y profunda.

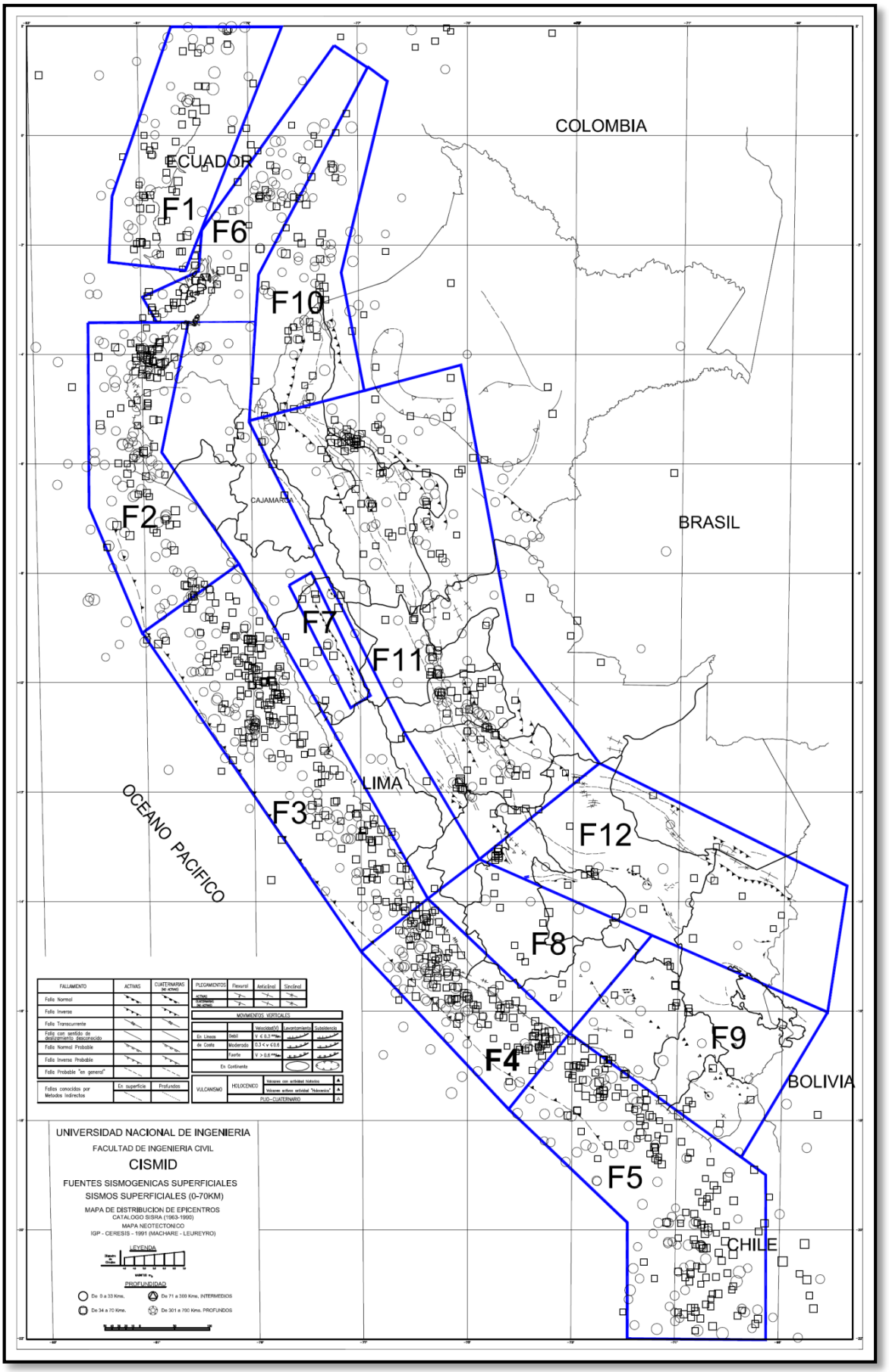


Figura 12: Figuras Sismogénicas Superficiales

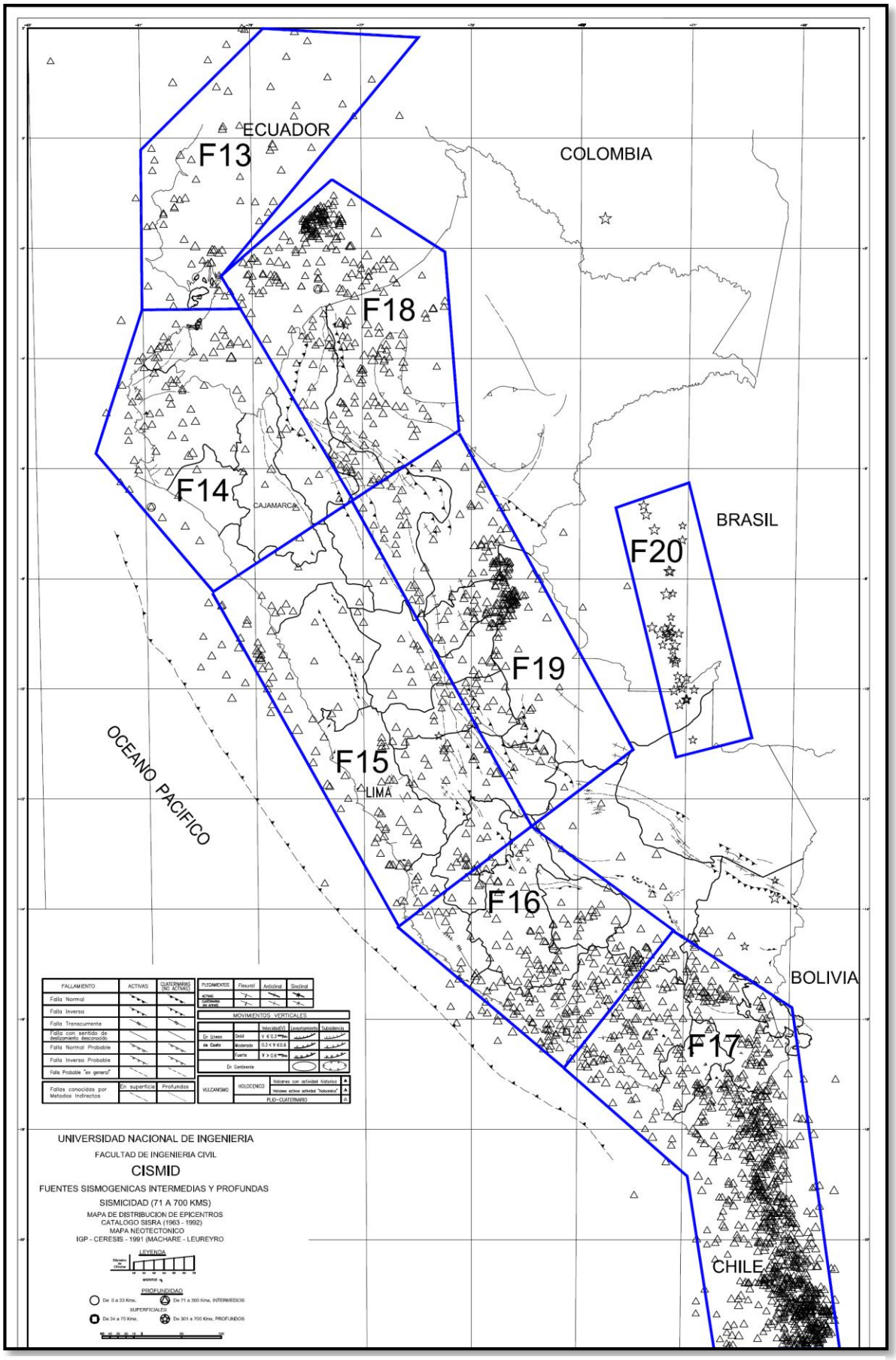


Figura 12: Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RECURRENCIA

Para cuantificar la relación de recurrencia de la actividad sísmica de la zona en estudio se utilizó la expresión propuesta originalmente por Ishimoto-Ida en 1939 y posteriormente adecuada por Richter (1958).

$$Log\ N = a - bM$$

Donde N es el número de sismos con magnitud mayor o igual a M, a es igual al logaritmo del número de sismos de magnitud mayor que cero y b es la proporción de sismos de una cierta magnitud.

Tabla 17: Coordenadas Geográficas de las Fuentes de Subducción, Superficiales y de las Fuentes Continentales

FUENTES	COORDENADAS GEOGRAFICAS (°)			
FUENTE 1	-80.29 -81.39 -81.52	+02.00 -00.97 -02.39	-78.32 -79.65 -80.19	+02.00 -01.21 -02.50
FUENTE 2	-82.00 -82.00 -81.17	-03.39 -06.83 -09.00	-80.17 -80.67 -79.27	-03.45 -05.42 -07.90
FUENTE 3	-81.17 -77.00	-09.00 -14.80	-79.27 -75.84	-07.90 -13.87
FUENTE 4	-77.00 -74.16	-14.80 -17.87	-75.84 -73.00	-13.87 -16.53
FUENTE 5	-74.16 -71.85 -71.85	-17.87 -19.87 -22.00	-73.00 -69.21 -69.21	-16.53 -19.00 -22.00
FUENTE 6	-77.50 -79.83 -79.96 -80.92	+01.58 -01.65 -02.46 -02.96	-76.92 -78.90 -78.97 -80.79	+01.19 -02.53 -03.43 -03.44
FUENTE 7	-78.28 -77.21	-08.20 -10.47	-77.86 -76.83	-08.07 -10.23
FUENTE 8	-75.84 -73.00	-13.87 -16.53	-74.76 -71.41	-13.13 -14.67
FUENTE 9	-73.00 -69.71	-16.53 -18.67	-71.41 -68.12	-14.67 -16.13
FUENTE 10	-76.92 -78.90 -79.10	+01.19 -02.53 -05.20	-76.50 -77.35 -77.00	+ 01.00 -02.40 -04.77
FUENTE 11	-79.10 -76.34 -74.76	-05.20 -10.67 -13.13	-75.10 -74.17 -72.48	-04.33 -09.33 -11.40
FUENTE 12	-74.76 -68.12	-13.13 -16.13	-72.48 -67.76	-11.40 -13.80

Fuente: Proyecto Sisra Ceresis

Tabla 18: Coordenadas Geográficas de las Fuentes de Subducción Intermedias y Profundas

FUENTES	COORDENADAS GEOGRAFICAS (°)			
FUENTE 13	-78.73 -81.00 -81.00	+02.00 -00.67 -03.07	-76.00 -79.59 -79.20	+01.82 -02.55 -03.07
FUENTE 14	-81.00 -81.93 -79.80	-03.07 -05.73 -08.13	-79.20 -78.60 -77.17	-03.07 -04.00 -06.53
FUENTE 15	-79.80 -76.38	-08.13 -14.30	-77.17 -73.86	-06.53 -12.46
FUENTE 16	-76.38 -73.28	-14.30 -16.87	-73.86 -71.21	-12.46 -14.40
FUENTE 17	-73.28 -70.86 -70.38	-16.87 -18.80 -22.00	-71.21 -68.93 -67.98	-14.40 -15.73 -22.00
FUENTE 18	-79.59 -78.60 -77.17	-02.55 -04.00 -06.53	-77.50 -75.51 -75.27	-00.73 -02.06 -05.33
FUENTE 19	-77.17 -73.86	-06.53 -12.46	-75.27 -72.03	-05.33 -11.13
FUENTE 20	-72.31 -71.14	-06.67 -11.30	-71.00 -69.69	-06.33 -10.93

Fuente: Proyecto Sisra Ceresis

DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y los patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, incluyendo los efectos de la geología local, puede calcularse el peligro sísmico considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentra el proyecto.

Se utilizaron las siguientes coordenadas geográficas del lugar en estudio para la evaluación del peligro sísmico: Longitud = -70.44º y Latitud = -17.33º

Tabla 19: Valores de aceleración Horizontal Máxima esperada en roca – PGA

Período de Retorno (años)	Aceleración (%g)	Probabilidad de Excedencia
100	0.22	1.E-02
475	0.36	2.E-03
1000	0.43	1.E-03
2475	0.54	5.E-04
5000	0.64	2.E-04
10000	0.75	1.E-04

Figura Nº14, presenta las curvas de probabilidad de excedencia anual de aceleración para la ordenada espectral T = 0.0 seg.

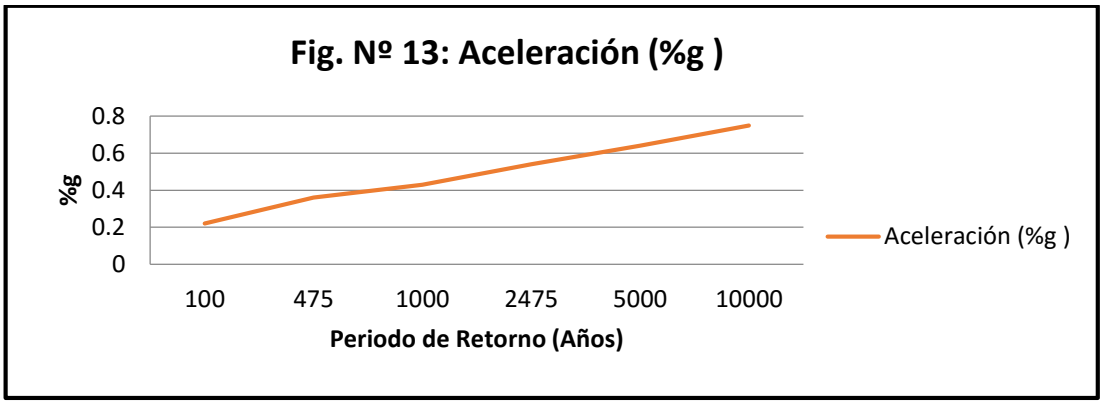


Figura 13: Aceleración para la Ordenada espectral T = 0.0 seg..

La selección del sismo de diseño depende del tipo de obra. Para las estructuras consideradas en el proyecto se consideran períodos de retorno de 475 años.

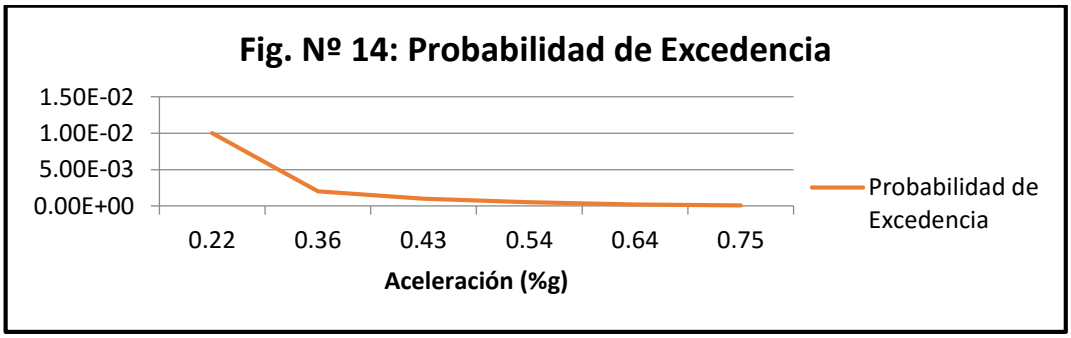


Figura 14: Probabilidad de Excedencia

El Sismo Básico de Operación (OBE, Operating Basic Earthquake - obtenido probabilísticamente) estimado es igual al valor aceleración horizontal máxima (PGA) correspondiente a un período de retorno de 475 años. De los resultados presentados en el cuadro el valor aceleración horizontal máxima para el OBE probabilístico en roca para el proyecto es igual a 0.36g.

El Máximo Sismo Creíble (MCE, Maximum Credible Earthquake - obtenido probabilísticamente) estimado es igual al valor aceleración horizontal máxima (PGA) correspondiente a un período de retorno de 2475 años. De los resultados presentados el valor aceleración horizontal máxima para el MCE probabilístico en roca para el proyecto es igual a 0.54g.

7.2. GEODINÁMICA EXTERNA LOCAL

En el área donde se localiza el presente proyecto, los procesos geodinámicas se manifiestan principalmente bajo la forma de desprendimiento de bloques en la zona de afloramientos rocosos entre los procesos principales. Además, cabe destacar, que los frecuentes sismos que ocurren en la región, contribuyen a la desestabilización de taludes, iniciando nuevos desprendimientos o reactivando los existentes, causando el origen de escarpas en las zonas del río Cambaya y quebradas aledañas como Borogueña.

Los cinco procesos geodinámicos externos presentes en la zona de proyecto son:

7.2.1. Caída o Desprendimientos de Rocas

Son movimientos de bloques de roca de diámetros variados, los cuales siguen un movimiento pendiente abajo, debido a la perdida de cohesión de su matriz rocosa. Este desprendimiento causa la formación de escarpas en la zona donde se origina la inestabilidad, estos desprendimientos forman las faldas detríticas ubicadas en los flancos de la zona del vaso.

7.2.2. Derrumbes

Son caídas imprevistas de masas de suelo o roca, causadas por la pérdida de cohesión y resistencia lateral de su matriz inicial, que en la zona del proyecto son originados por la erosión fluvial y meteorización, estos agentes forman taludes inadecuados para luego derrumbarse. Esto se encuentra en zonas focalizadas.

7.2.3. Flujos de Lodo o Huaycos

Son flujos de agua con fragmentos de rocas, originadas básicamente por la acción de precipitaciones pluviales, su ocurrencia se da principalmente en épocas de lluvia, y en mayor magnitud en temporadas del fenómeno del Niño; se presenta como un golpe de agua lodosa que se desliza a gran velocidad por quebradas secas y de poco caudal arrastrando fragmentos de rocas de tamaños variados y material suelta, de cobertura o residual, provenientes de la zona inicial alta del área de influencia de la microcuenca. Los materiales que la conforman provienen de zonas distales y cotas mayores, ayudados por la acción del agua de lluvia y pendiente discurren hacia zonas de menor cota por medio de los canales de quebradas, siguiendo la trayectoria de éste, acumulándose en zonas de menor pendiente en donde la velocidad del flujo es mínima.

En la zona de estudio se identificaron tres: dos en el río Camila y uno en la quebrada Borogueña, las cuales no están activas debido a las bajas precipitaciones, pero se

encuentran evidencias de este tipo de flujo que posiblemente se presentaron en eventos extraordinarios del ciclo geológico.

7.2.4. Abanico Aluvial

Son acumulaciones cónicas de sedimento formadas al pie de los cerros o como en este caso en la salida de una quebrada a un río, donde los flujos son confinadas por los valles estrechos y por la pendiente baja generando una cuña clástica. Esta acumulación está conformada por bolonerías, cantos rodados, gravas, arenas y presencia de finos. Esto se puede apreciar en la confluencia de la quebrada Borogueña con el río Camilaca, tal como se puede ver en la siguiente figura.

Fotografía N° 11: Vista de los lineamientos en la margen derecha del estribo

7.2.5. Erosión de Ribera

El río Camilaca y la quebrada Borogueña en su recorrido vienen erosionando los taludes inferiores de la zona del vaso, en algunos tramos sobre material cuaternario y otras sobre afloramientos rocosos. Este fenómeno externo afecta a la estabilidad de las laderas en ciertas zonas focalizadas, aguas arriba del dique, su mayor desarrollo se presentan en épocas de máxima avenida, en esta avenida alcanza su máxima erosión activa y transporte de materiales.

(Ver plano N° 08: Peligros)

- ✓ Longitud del labio vertiente = 50,0 m
- ✓ Sobreelevación en avenida (Periodo de retorno 1000 años) = 1,02 m

8.2.3. Obra de Toma/Desagües de fondo

- ✓ Torre de toma de tipología circular constituida por anillos de módulos perforados
- ✓ Umbral de entrada a la toma = 2253,0 msnm
- ✓ Cota superior de la toma = 2275,0 msnm
- ✓ Sección hidráulica de la torre de toma = Sección circular de diámetro 6,30 m
- ✓ Diámetro de la conducción de toma = 800 mm x 2 conducciones
- ✓ Espesor de la conducción = 6,35 mm
- ✓ Cota de entrega = 2210,89 msnm
- ✓ La entrega se hace mediante 2 Válvulas Howell-Bunger que vierten al aire.
- ✓ Diámetro de la válvulas Howell-Bunger = 0,8 m
- ✓ Capacidad de diseño = 13,97 m3/s (2 válvulas) y 6,98 m3/s (1 válvula)

8.2.4. Desvió del Rio

El desvío se realiza mediante un túnel con las siguientes características:

- ✓ Cota de entrada = 2212,0 msnm
- ✓ Cota de salida = 2209,43 msnm
- ✓ Pendiente = 0,5 %
- ✓ Periodo de retorno de cálculo como desvío = 100 años
- ✓ Caudal de avenida de diseño = 87,46 m3/s
- ✓ Caudal máximo desalojado funcionando como desvío = 270,0 m3/s
- ✓ Sección hidráulica tipo baúl con hastiales inclinados 1H: 10V:
- ✓ Radio del arco = 3,25 m
- ✓ Altura de hastiales = 3,25 m
- ✓ Ancho en solera = 5,85 m

El cierre del desvío se produce mediante una ataguía con las siguientes características:

- ✓ Cota de coronación = 2220,0 msnm
- ✓ Ancho de coronación = 3,0 m
- ✓ Talud de aguas arriba = 1,5H: 1V
- ✓ Talud de aguas abajo = 1,5H: 1V

8.2.5. Sismicidad

- ✓ Periodo de retorno de cálculo = 2500 años
- ✓ Aceleración de pico = 0,54·g

- ✓ Aceleración dinámica pseudoestática = 0,27·g
- ✓ Aceleración dinámica pseudoestática = 0,18.

8.3. DISEÑO DE LAS CARACTERISTICAS BASE DE LA PRESA

8.3.1. Resguardos

Para calcular el resguardo de la presa es necesario evaluar las siguientes condiciones que afectan a la elevación del nivel del espejo de agua en las cercanías del cuerpo de presa:

- Sobreelevación en avenida.
- Sobreelevación por la generación de olas, bien por condiciones sísmicas o por efecto del viento.
- Asiento post-constructivo del cuerpo de presa por primer llenado del embalse.

Determinación del Resguardo

Tabla 22: Síntesis de Resultados de la Sobreelevación

Efecto	Sobreelevación (m)
Avenida	1,02
Oleaje por viento	1,04
Oleaje por sismo	0,7
Asiento post-constructivo	0,1

Fuente: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de agua en la quebrada kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya

Las hipótesis consideradas para establecer la cota mínima del coronamiento:

- Sobreelevación por efecto del oleaje del viento y el asiento post-constructivo
- Sobreelevación por efecto del oleaje de sismo y el asiento post-constructivo
- Sobreelevación por avenida, más elevación por efecto del viento (reducida en un 30 % por sumar dos situaciones extremas) y el asiento post-constructivo.

Tras operar las condiciones anteriores se obtienen los resultados de la siguiente tabla. De ellos se deduce que el resguardo mínimo debe estar en el entorno de los de los 1,85 m. Añadiendo una revancha neta de 1,62 m se tiene un resguardo total aproximado de 3,5 m.

Tabla 23: Cálculo del Resguardo Mínimo

Hipótesis	Sobreelevación (m)
1	1,12
2	0,8
3	1,85

Fuente: Elaboración propia- tesis 2019

Por tanto, estando el NAMO a la cota 2285,5 msnm se tiene que el coronamiento de la presa, con el resguardo de 3,5 m considerado, se situará a la cota 2289 msnm.

8.3.2. Ancho de Coronación

A fin de establecer el ancho de coronamiento se proponen distintas formulaciones desarrolladas dentro de ambiente sísmico:

$$L_c = 3{,}6 \cdot \sqrt[3]{H} - 3 \qquad \text{Norma Japonesa}$$

$$L_c = \left(3 + 1{,}5 \cdot \sqrt[3]{H - 15}\right) \cdot 1{,}5 \qquad \text{Norma Española}$$

$$L_c = 1 + 1{,}1 \cdot \sqrt{H} \qquad \text{Bureau of Reclamation}$$

Dónde:

L_c Es el ancho de coronamiento en metros.

H es la altura del cuerpo de presa en metros.

Para el caso que nos ocupa la altura del cuerpo de presa es de 115 metros, por lo que sustituyendo el valor correspondiente en las expresiones anteriores se obtienen los valores siguientes:

Tabla 24: Determinación del Ancho de Coronamiento, Según diferentes Formulaciones

Formulación	Ancho <m>
Japón	14.5
España	14.7
Bureau	12.79

Fuente: Elaboración propia- tesis 2019

La solución propuesta tiene un ancho de coronamiento de 12 metros en su cara exterior, teniendo en el paramento de aguas arriba un muro vertical en L trasdosado. Aguas abajo el paramento de tierras está inclinado 1,65H:1V. Sin embargo, se entiende que el ancho del coronamiento no debe ser medido en el exterior del cuerpo de presa sino al nivele del resguardo neto, es decir, eliminando la revancha neta, pues a dicha cota es a la cual el cuerpo de presa se encuentra solicitado por el oleaje y la avenida, siendo todo el cuerpo de presa superior a dicha cota un volumen adicional de seguridad.

Al nivel establecido en el coronamiento sin contar la revancha neta sumada al resguardo mínimo, se tiene que el ancho de coronamiento es (se ha tomado una inclinación para los paramentos de aguas abajo de 1,65H:1V y vertical aguas arriba por el muro en L).

$$L_c = 12{,}00 + 1{,}62 \cdot 1{,}65 = 14{,}67 \text{ m}$$

$$L = \frac{3}{50} \cdot H + 2$$

Dónde:

L es la longitud del plinto desde su borde hasta el eje del plinto.

H es la carga máxima de agua en metros.

Aplicando la expresión anterior a los 83 metros aproximadamente de carga de agua que habrá sobre el plinto en la zona del cauce se tiene:

$$L = \frac{3}{50} \cdot 83 + 2 = 7 \text{ m}$$

Por lo tanto la longitud mínima para el plinto tendrá que ser, al menos, de 7.m metros.

En el diseño desarrollado se ha dado al plinto en la zona central del cauce una longitud de 8,0 metros de largo y 0,70 de espesor, dispuesto entre el módulo de apoyo de la pantalla y el diafragma de concreto, de forma que se está del lado de la seguridad.

En cuanto al espeso del plinto, este está relacionado a su vez con el espesor de la pantalla.

8.3.4. Muro parapeto

El muro parapeta ha sido diseñado de manera que cumpla con los requisitos de estabilidad, tanto a vuelvo como a deslizamiento, en situación normal y en situación de sismo.

Tabla 25: Síntesis de resultados del muro de parapeto, con los requisitos de estabilidad, tanto a vuelco como a deslizamiento

RESULTADOS	
Cseg vuelco Normal	5,22
Cseg vuelco Sismo	3,37
Deslizamiento Normal	2,35
Deslizamiento Sismo	1,52

Fuente: Elaboración propia- tesis 2019

8.3.5. Aliviadero

En el presente apartado se estudian el aliviadero y las estructuras asociadas de manera que se analiza la longitud requerida en el aliviadero para laminar la avenida de diseño.

- Longitud de aliviadero

De acuerdo con los términos de referencia del contrato se toma como avenida de diseño la que tiene un periodo de retorno de 1000 años. Además se comprueba para la 4avenida de 10000 años que no se supera el nivel de coronación de la presa.

De acuerdo con los estudios realizados, las puntas de avenida asociadas a los distintos periodos de retorno considerados son los contenidos en el cuadro siguiente:

Tabla 26: Puntas de Avenidas para Periodos de Retorno de 1000 y 10000 años

Periodo de retorno <años>	Caudal punta <m^3/s>
1000	109.1
10000	128.1

Tomamos una longitud de aliviadero de 50 metros, para la que se obtienen los siguientes resultados:

- Sobreelevación en avenida: 1,02 m
- Caudal de vertido del aliviadero: 109.1 m^3/s

- Definición del perfil Creager

Una vez definida la laminación generada por el aliviadero se requiere el dimensionamiento del perfil de vertido que debe disponerse a fin de que el aliviadero trabaje adecuadamente durante el vertido.

La longitud efectiva del vertedero en este caso es de 50 m, calculándose la longitud neta con la siguiente fórmula:

$$L = L' - 2 \cdot (N \cdot K_p + K_a) \cdot H_e$$

Dónde:

L es la longitud neta de vertido

L' es la longitud efectiva del labio del vertedero

N es el número de pilas

K_p es el coeficiente de contracción debido a las pilas

K_a es el coeficiente de contracción debido a los estribos

H_e es la carga total sobre el labio de vertido

Para este caso, K_a =0,1 por ser estribos redondeados, y K_p =0,01, por ser los tajamares de las pilas redondos, por lo que, suponiendo H_e=1,5 m, se tiene:

$$L= 50-2\cdot(3\cdot 0,01+0,1)\ 1,5=49,7 \text{ m.}$$

. Para el caudal de avenida anteriormente fijado, la altura de vertido será de 1,02 metros, tal y como se constató en el punto anterior.

- Diseño estructural

El diseño estructural del aliviadero viene regido por las características hidráulicas requeridas por el perfil Creager y el canal de descarga del mismo, de manera que la masa de concreto está condicionada por dichas necesidades.

En cuanto al acero presente en la sección, no se considera un diseño estructural propiamente dicho sino que se diseña con una cuantía mínima, más por temas de durabilidad que por temas de resistencia estructural.

8.3.6. Obra de desvío

La obra de desvío se plantea como un túnel localizado en la margen izquierda de la cerrada, de forma que mediante una ataguía se cierra el paso del agua a la cerrada, desviándose el río a través del mencionado túnel.

Una vez concluida la necesidad de tener un desvío el túnel será cerrado mediante un tapón de concreto en su inicio y conectado a la obra de la torre de toma, de mansea que el túnel servirá para la operación futura de los desagües de fondo.

De acuerdo con los términos de referencia del contrato (como es el caso de la Presa de Kullku) se adoptará un periodo de retorno de 100 años”.

El caudal punta de avenida asociado a 100 años de periodo de retorno es de 87,46 m^3/s, siendo el hidrograma de la avenida a laminar por el desvío el mostrado en la gráfica.

El cálculo para el diseño del desvío fue realizado de manera iterativa hasta conseguir una sección para el desvío que cumpliera con los siguientes condicionantes:

- La capacidad del túnel de desvío es suficiente para su futuro funcionamiento como desagüe de fondo.
- La cota de coronación de la ataguía no debe ser superior a la cota 2220 msnm, pues de ser así, el espacio requerido por la misma no permitiría trabajar en la zona del plinto de la presa.

- Recubrimiento:
    - Se considera un recubrimiento de 5 cm para todas las armaduras.

  El modelo empleado para el cálculo de la estructura ha sido a través de un modelo de barras rectas tal y como se indica en la Figura siguiente. Las barras en el modelo tienen un ancho de un metro, por lo que todas las cargas y esfuerzos que aparecen en este cálculo están dadas por metro lineal. Como puede verse en la Figura, la sección de los hastiales ha sido considerada con canto variable, tal y como es realmente la sección. Todas las barras están apoyadas sobre muelles no lineales de sólo compresión con una constante elástica de 3.000.000 t /m^3, atendiendo al coeficiente de balasto asignado a la roca en la que será excavado el túnel.

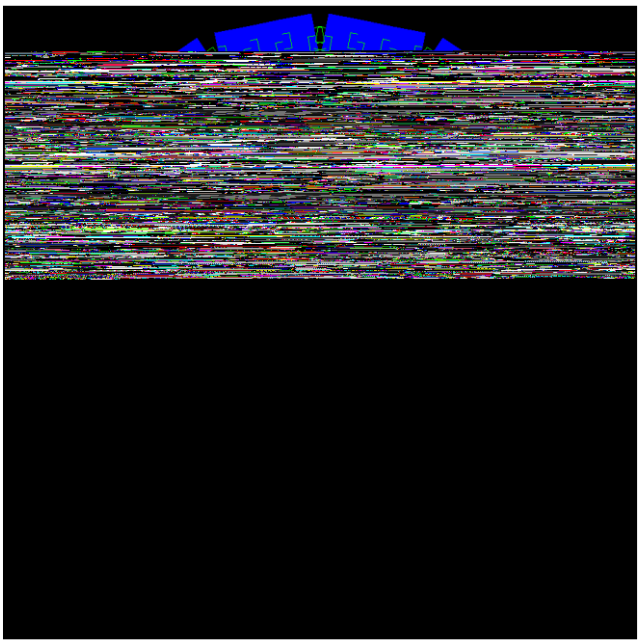


Figura 19: Esquema de la sección en el modelo de barras empleado

Las cargas consideradas son las siguientes:

- DEAD: peso propio del hormigón.
- p.ext: presión hidrostática interior, de valor 90 t/m^2 a nivel de solera.
- sis.horm.h: sismo horizontal sobre la masa de hormigón
- sis.horm.v: sismo vertical sobre la masa de hormigón

Dado que las secciones se encuentran flexo-comprimidas, es necesario estudiar la concomitancia de esfuerzos axiles y flectores. Seguidamente se analiza el armado requerido por: la solera, los hastiales y la bóveda, respectivamente.

Figura 22: Plano de la Reposición del camino y la situación futura de la estructura de paso

El nuevo camino tendrá una longitud de aproximadamente 3600m con una anchura de plataforma de 6 m con cunetas de 0,93 m de ancho y 0,31 de profundidad en los lados en los que sea necesario un desmonte.

8.4. COSTOS Y PRESUPUESTOS

Dentro de este contexto, los costos unitarios obtenidos, incluyen los insumos de mano de obra, materiales, equipos y herramientas manuales, a costos vigentes en la región.

Tabla 33: Presupuesto de Obra para la Presa

ITEM	DESCRIPCIÓN	PARCIAL (S/.)
01	**CONSTRUCCION DE LA PRESA DE KULLKU**	

3.2.00	Equipos de Radio Comunicación	mes	1,500.00	204,000.00
3.3.00	Grupo Electrógeno	mes	5,000.00	170,000.00
3.4.00	Equipos de Cómputo y Oficina	global	25,000.00	25,000.00
3.5.00	Camionetas Pick Up Doble Cabina 4 x 4	global	75,000.00	300,000.00
3.6.00	Accesorios de Seguridad y uniformes	global	50,000.00	50,000.00
			MONTO TOTAL COSTO DE EQUIPOS	**953,000.00**
4.00	**SEGUROS**			
4.01	Seguros de accidentes personales	global		30,000.00
4.02	Seguro complementario de trabajo de riesgo	global		250,804.47
4.03	Seguros contra todo riesgo	global		793,069.34
4.04	Costo por emisión de póliza :	global		20,000.00
			TOTAL COSTO DE SEGUROS	**1,093,873.81**
5.00	**VARIOS**			
5.01	Estudios específicos complementarios	global		36,657.49
			TOTAL COSTO DE VARIOS	**36,657.49**
			TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES	**12,678,230.49**

Fuente: Elaboración propia del estudio

1. **COSTO DIRECTO**	**107,464,298.97**
2. **GASTOS GENERALES**	
A) GASTOS FIJOS	940,727.74
B) GASTOS VARIABLES	12,678,230.49
TOTAL DE GASTOS GENERALES	**13,618,958.23**

8.5. GEOTÉCNIA

8.5.1. Descripción

En esta parte del trabajo se ha realizado el estudio geotécnico de la zona donde se pretende llevar a cabo el levantamiento de la presa, la zona inundable y sus zonas aledañas. Así mismo se han estudiado las zonas de posibles canteras de material para la construcción del cuerpo de presa.

De forma previa al inicio de los trabajos de campo se ha revisado bibliografía de la zona de estudio con el fin de poder caracterizar fielmente todos los aspectos que pueden afectar a la ejecución y vida del proyecto.

8.5.2. Caracterización Geotécnica de la zona

Desde el punto de vista geotécnico, la zona presenta dos unidades bien diferenciadas.

A. Materiales detríticos pertenecientes al cuaternario
B. Substrato andesítico

Dado que el primero es un suelo, este se regirá por la mecánica de suelos, mientras que el segundo, la Andesita, será estudiado desde el punto de vista de mecánica de rocas.

A. Materiales Detríticos Cuaternarios

Estos materiales se concentran en el fondo del valle y conforman los depósitos aluviales, mientras que a pie de las laderas encontramos niveles coluviales.

Se encuentran constituidos por bolos, bloques, gravas y arenas, angulosos a subanguloso, de composición andesítica mayoritariamente, que presentan una matriz limosa en proporciones variables, por niveles, si bien siempre baja, inferior al 20%.

En los resultados obtenidos en los perfiles de refracción sísmica y sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados en el lecho del río, se observa que estos depósitos detríticos de fondo de valle, muestran espesores entre 5.0 a 13.0 m, mientras que los coluviales o derrumbes su espesor no supera los 5.0 m.

Por lo que respecta a las velocidades de ondas de compresión (Vp), estas se sitúan entre 500 y 1500 m/s y los valores de resistividad entre 50 a y 360 Ωm.

En la confluencia del rió Camilaca con la quebrada Borogueña (Ver perfil A-A’ de los SEV’s). Es donde se encuentra el mayor espesor, mientras que en la zona de la boquilla, el espesor puede ser del orden de 10.0 m.

Figura 24: Sección sísmica F-F' Zona de boquilla (Colores rojo y verde se corresponden con los materiales detríticos cuaternarios)

Desde el punto de vista geotécnico se trata de suelos de grano grueso, con poca a nada matriz fina, de nula plasticidad y con una compacidad media a baja. Por lo que respecta a su permeabilidad, esta se sitúa en los ensayos realizados en el interior de las calicatas entre 4.50^{-1} a 4.50^{-3} cm/s, por lo que según la clasificación de Whitlow, (1994), estaríamos en un grado de permeabilidad en suelos medio.

Tabla 35: Parámetros Obtenidos en los Ensayos de Laboratorio y en el Campo

Clasificación SUCS	GP-GM-SP-SM
% que pasa por el tamiz ¾"	71.1-100 %
% que pasa por el tamiz nº 10	35.5-97.7 %
% que pasa por el tamiz nº 40	8.7-74.5 %
% que pasa por el tamiz nº 200	1.4-25.5 %
Humedad	2.9-5.0 %
Índice de plasticidad	No plástico
Densidad húmeda	2.01-2.21 tn/m^3
Densidad seca	1.87-2.02 tn/m^3
Permeabilidad	4.5^{-1}-4.5^{-3} cm/s
Velocidad Vp	500-1500 m/s
Resistividad	50-1100 Ωm

Tabla 36: Parámetros Estimados Según las tablas de Valores Recomendados

Coeficiente de balasto (K30)	7.0-12.0 kp/cm^3
Coeficiente de Poisson	0.30
Módulo de elasticidad	40-100 MN/m^2
Cohesión	0.1-0.2 kg/cm^2
Ángulo de rozamiento interno	32-35º
Peso específico aparente	1.9-1.95 /m^3
	1.9-1.96

B. Substrato Rocoso

El substrato rocoso de la zona está constituido por unas Andesitas de la Formación Matalaque, roca ígnea ácida de grano fino.

En este capítulo se caracterizará desde el punto de vista geomecánico este substrato con la finalidad de estimar su calidad y clasificación.

El contacto entre las unidades de suelo y roca se encuentra entre los 5.0 a 13.0 metros en la zona del fondo de valle, mientras que en los estribos de la boquilla y en los taludes, este aflora superficialmente en prácticamente todos los sectores, a excepción de allí donde este esté recubierto por una pequeña capa de materiales coluviales o derrumbes.

Este substrato rocoso presenta su parte superficial meteorizada como lo demuestran los valores obtenidos en la prospección sísmica, con espesores que pueden variar ente 2.0 a 15.0 m y valores de Vp entre 1200 a 3000 m/s, mientras que la roca muestra valores superiores a 3000 m/s.

Señalar que en los sondeos, el valor RQD hasta los 10.0 m, muestra valores bajos generalmente, por debajo de 50%, mientras que en profundidad muestra mejores valores, si bien se intercalan niveles métricos que en ocasiones presentan RQD de 0 y en el sondeo S—2 se aprecia un tramo entre los 20.0 a 40.0 metros con unos valores bajos, inferiores a 50%.

Para determinar la calidad geomecánica del macizo rocoso se procedió a estudiar las propiedades de la roca intacta así como la de las discontinuidades, y se clasificó el macizo rocoso posteriormente a partir del trabajo campo en las estaciones geomecáncias, en los sondeos, según el índice RMR89 de Bieniawski, el valor GSI, el valor de Barton y el de SMR.

Roca Intacta

Las propiedades de la roca intacta, las cuales serán escaladas a nivel de macizo rocoso, se han obtenido de los ensayos destructivos y no destructivos realizados sobre muestras de roca intacta de los sondajes realizados.

La envolvente de resistencia de la roca intacta se evaluó de acuerdo al criterio de falla de Hoek & Brown. Los valores de s_{ci} y m_i se determinaron a partir de los resultados de ensayos de compresión simple y triaxiales realizados sobre muestras de roca intacta, empleando el software Rocdata de Rocscience.

Tabla 37: Parámetros Asumidos Para la Roca Intacta

Absorción	0.24-0.78%
Gravedad específica	2.51-2.63 gr/cm^3
Porosidad	1.41-2.0%
Densidad	2.56-2.63 gr/cm^3
Coeficiente de balasto (K_{30})	30-500 kp/cm^3
Coeficiente de Poisson	0.28
Módulo de elasticidad	30000-40000* Mpa
Resistencia a la tracción	7Mpa*
Compresión simple	91**-267 Mpa – Clase R4-R5
Carga puntual	159-162 Mpa – Clase R5
Compresión simple Martillo de Schmidt	124.59-285.65 MN/m^2
Cohesión	35-290 kg/cm^2
Ángulo de rozamiento interno	45-55º
Permeabilidad	5.4722E-06 a 1.0696E-04 cm/s

Fuente: Valores de tablas según Goodmann (1989) **Valores anómalos por discontinuidad

Propiedades de las Discontinuidades

Para analizar la estabilidad de un macizo rocoso, es necesario conocer los paramentos que delimitan la resistencia al corte, tales como ángulo de rozamiento interno y cohesión. Ambos pueden calcularse experimentalmente mediante ensayos de corte directo en roca usando un plano de rotura como superficie a cortar.

No obstante, existen métodos de cálculo empíricos para poder determinar estos parámetros, como el método de Barton-Bandis, el cual se ha empleado para este caso. Este método tiene en consideración la rugosidad de la discontinuidad JRC, resistencia de la pared de la discontinuidad JCS y el ángulo de rozamiento interno o el residual.

$$\tau = \sigma T \left[JRC \log\left(\frac{JCS}{\sigma}\right) + \rho_R \right]$$

Dónde:

T: Resistencia al corte.

JRC: Coeficiente de rugosidad de las discontinuidades.

JCS: Resistencia a la compresión simple del material de los bordes de la discontinuidad.

σ: Tensión efectiva sobre la discontinuidad.

ESTUDIO GEOLÓGICO

Clasificación Geomecánica del Macizo Rocoso

Evaluación Geomecánica de Bieniawski

Desarrollada por Bieniawski (1976), propuso una clasificación que tuviera en cuenta aspectos que se relacionaran más con el comportamiento del macizo rocoso, combinado el RQD de Deere (1964) con otras observaciones como la presencia de agua y la alteración de las fracturas. En este sistema el índice RMR se obtiene como suma de 5 parámetros base:

- Resistencia a compresión simple de la roca intacta
- RQD
- Espaciamiento de discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Condiciones de agua subterránea
- Orientación de discontinuidades

Una vez que se obtiene el RMR básico, Bieniawski propone ajustarlo en función de la relación entre la orientación del túnel y las discontinuidades, en función al tipo de estructura.

Clasificación de Barton (índice Q)

El sistema Q propuesto por Barton et al. (1974) Considera los índices de designación de la calidad de la calidad de la roca, RQD; índice de influencia del número de familias de las discontinuidades, Jn; índice de influencia de la rugosidad de las paredes de las discontinuidades, Jr; índice de influencia de la acción del agua subterránea, Jw, e índice de influencia del estado de tensiones en el macizo en el entorno de la cavidad, SFR (Stress Reduction Factor). El valor del índice Q tiene la siguiente expresión.

Índice de Resistencia Geológica GSI

Hoek (1994) desarrollo la clasificación del macizo rocoso denominada GSI para evaluar la resistencia y módulo de deformación del macizo rocoso, según el criterio generalizado de falla Hoek-Brown. El GSI fue estimada a través de la siguiente fórmula:

$$GSI=RMR-5.$$

8.5.3. Análisis de Estabilidad en Suelos-Roca (taludes)

Uno de los factores más importantes en el estudio de un emplazamiento para un embalse es la estabilidad de los taludes del vaso y de la boquilla.

Este estudio parte tanto de las estaciones geomecánicas como de los resultados obtenidos en el laboratorio respecto a los parámetros de resistencia al corte de los materiales que conforman dichos taludes.

Si bien a lo largo de todo el vaso y boquilla de la futura presa existen procesos geodinámicos, se puede concretar que en las laderas o taludes del futuro embalse el proceso más frecuente se basa en derrumbes o caídas de bloques que dan lugar a conos en la base de estos, que en épocas de fuertes avenidas van siendo erosionados por el flujo de agua.

En consecuencia las inestabilidades se basarían en movimientos cinemáticos de caídas de bloques y no tanto en deslizamientos por roturas de mecanismo de falla.

Dónde:

- **FH** y **FV** son, respectivamente, el componente horizontal y vertical la fuerza de inercia aplicada al baricentro de la rebanada;
- **W** peso de la rebanada;
- **Kx** coeficiente sísmico horizontal;
- **Ky** coeficiente sísmico vertical.

Para el cálculo desde el punto de vista de suelos, margen izquierda y c-c', se han diferenciado 4 estratos o materiales a lo largo de los taludes, los cuales presentan los siguientes parámetros geotécnicos.

Tabla 42: Parámetros Geotécnicos de los Estratos del Margen Izquierdo

Estrato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	Litología
1	0.1	32	1900	2100	Aluvial
2	0.2	35	1950	2150	Bloques sueltos-Coluvial
3	1.0	38	2300	2500	Andesita RMR<65
4	35.0	45	2300	2500	Andesita RMR>65

Mientras que para el caso de los taludes en el margen derecho, rocosos, se han diferenciado dentro del substrato rocoso dos unidades.

Tabla 43: Parámetros Geotécnicos de los Estratos del Margen Derecho

Estrato	Peso específico (Kg/m³)	A	B	T	Resistencia compresión uniaxial (Kg/cm²)	Descripción
1	2500	0,295	0,691	-0,0003	115	Andesita RMR<65
2	2500	0,883	0,705	-0,012	3300	Andesita RMR>65

En el caso de los taludes en la margen izquierda, como puede apreciarse en los cortes estratigráficos, el estrato aluvial queda recluido al eje del rio, es decir a la base del talud, mientras que el estrato 2, de unos 2 a 4 metros de espesor se correspondería a niveles de derrumbes actuales, pasando al macizo rocoso, donde se distingue un primer tramo con un RMR<65, de un espesor de 4 a 6 m, para pasar al macizo andesítico con un RMR superior a 65.

El análisis, tanto en el caso de suelos como de roca, se ha realizado para dos situaciones hidrológicas, con embalse vacio y con embalse lleno, y dos situaciones

sísmicas, sin sismo y con un sismo, situación Seudo-Estática, con coeficiente sísmico igual a 0.18, según los valores ofrecidos por el estudio de riesgo sísmico.

Estas dos situaciones se han combinado entre ellas, con el fin de tener presente los cambios tensionales que pueden dar lugar a inestabilidades.

Para el caso del análisis de estabilidad de los taludes en condiciones estáticas se propone un Factor de Seguridad mínimo requerido de 1.2, y para el caso de análisis Seudo Estático un factor de seguridad mínimo de 1.0.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar los factores de seguridad obtenidos para las diferentes secciones y las diferentes situaciones.

Tabla 44: Factores de Seguridad Obtenidos para las Diferentes Secciones y las Diferentes Situaciones

Situación	Vacío/Sin sismo	Lleno/Sin sismo	Vacío/Con sismo	Lleno/Con sismo
A-A' izq (suelo)	1.15	1.46	0.87	1.15
A-A' der (roca)	1.30	1.80	0.98	1.20
B-B' izq (suelo)	1.67	1.72	1.24	1.26
B-B' der (roca)	1.50	1.51	1.13	1.12
C-C' izq (suelo)	2.90	2.89	2.16	2.16
C-C' der (suelo)	3.20	2.45	4.60	3.59

Fuente: Elaboración propia del estudio

Analizados los resultados se puede decir de forma generalizada que no se prevén procesos de inestabilidad importantes por falla en la zona de la futura presa.

Así, en los análisis realizados en el margen derecho, se aprecia que los factores de seguridad son ligeramente más elevados que los obtenidos en la margen izquierda, lo cual indica que de haber movimientos cinemáticos en este margen se circunscribirían a inestabilidades en rocas, mientras que en el margen izquierdo, los procesos serán más de tipo inestabilidad por falla.

Señalar que en la margen izquierda a medida que nos acercamos al eje de presa, el factor de seguridad disminuye, situándose por debajo de los límites en los casos tanto de vacio como de lleno pero para momentos de sismo.

En estos casos la profundidad de la falla de rotura es bastante superficial y se situaría entre los estratos 2 y 3, como es lógico, y siempre en la parte baja de los taludes, donde se acumulan los derrumbes, aspecto que conlleva a decir que estos deslizamientos serian

doJET.25oie4(93)i112.4vURFD

- Respecto a la permeabilidad de la zona, dado que no se han efectuado sondeos se ha parte de la tabla de relación entre el coeficiente de permeabilidad del macizo y el índice de calidad propuesto por Deere.

Así en nuestro caso tenemos que la zona del estribo derecho presentará a priori unas permeabilidades dentro de la categoría II con valores entre 0.1-1.0 m/dia (1.1E-04 a 1.1E-03 cm/s), es decir una permeabilidad moderada alta.

Del análisis cinemático de las laderas, realizado mediante el programa "dips", se han obtenido los siguientes resultados:

- En la EG-1 pueden producirse algunas inestabilidades de tipo cuña producidas por las familias de juntas denominadas m1 y m3.
- En la EG-11 pueden producirse algunas estabilidades por caída de bloques por volteo en algunas zonas de todo el talud analizado.

Fotografía N° 12 y N°13: Posibles inestabilidades en el estribo derecho

Tabla resumen para Estribo Derecho:

Tabla 45: Características del Material del Estribo Derecho

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS
Litología	Andesita
Pendiente (°)	70° a subverticales
Peso específico (T/m3)	> 2,5
Tamaño de granos (mm)	0,1
Grado de alteración	Medianamente alterada (A-3)
Fracturamiento	11-20 fract/m
Factor de esponjamiento (%)	1,60
Dureza Mohs	Dura
Resistencia a la compresión simple (MPa)	300 – 500
Clasificación Geomecánica	73-72 Roca Clase II Buena Calidad con algún tramo regular por RQD.
Categoría hidráulica kw	Categoría II

Fuente: Elaboración propia del estudio

Estribo Izquierdo

Lecho de Rio

La caracterización geomecánica de los materiales existentes en el lecho del rio se ha realizado mediante el análisis e interpretación de las calicatas, los sondeos eléctricos verticales y los perfiles sísmicos realizados en este emplazamiento.

- La clasificación de las muestras analizadas, que se obtuvieron durante la ejecución de las catas, corresponde a suelos tipo SP-SM, SP, GM y GP mayoritariamente (según clasificación SUCS).
- Los perfiles sísmicos realizados en el lecho el rio muestras unos espesores aproximados de aluvial de entre 3 m y 10 m dependiendo de la zona estudiada. No obstante cabe destacar que los espesores máximos de aluvial en la zona del vaso se sitúan en la confluencia del río Camilaca con la quebrada de Boroqueña, donde el espesor es de aproximadamente 10-13 m

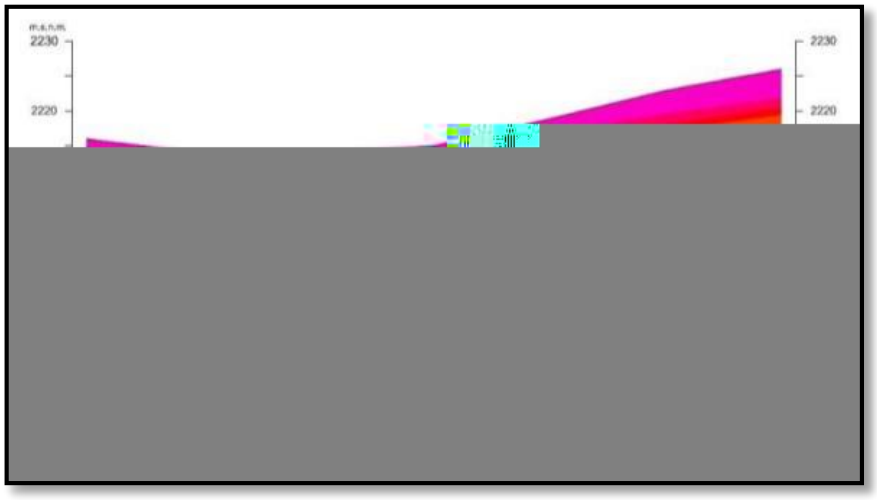


Figura 27: Sección sísmica B-B´.

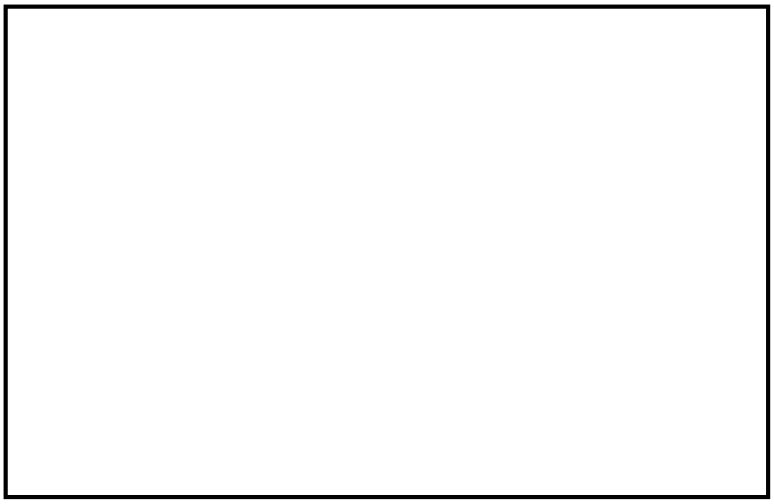


Figura 28: Sección sísmica C-C´

- Las estaciones geomecánicas realizadas en los dos márgenes muestran algunas inestabilidades potenciales, muy puntuales y de escasa magnitud, que pueden desencadenarse durante las fases de la obra.

Fotografía N° 18: Detalle EG-7 donde aparecen caídas de pequeños bloques

- Los taludes de corte sobre roca fracturada y poco fracturada no deberán superar la relación H1:V6, H1:V8 respectivamente y los taludes de corte sobre materiales gravosos de origen aluvial, fluvial y coluvial no deben superan la relación H1:V4.

Fotografía N° 19: Detalle EG-9 donde aparecen zonas susceptibles de desprendimiento

Excavación: Avance y destroza. Avances de 1.5 a 3.0 m Completar sostenimiento a 20 m del frente.

Sostenimiento:

- Bulones Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1.5 a 2.0 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.
- Gunita: De 5.a 10 cm en la clave y de 3 cm en hastiales.

D. Excavabilidad de los Materiales

Para efectos de cubicación y estimación de costo, se recomienda considerar lo siguiente:

- Suelo 100% excavable con maquinaria convencional
- Roca Meteorizada 100% excavable con un ripper tipo CAT D9 o superior
- Roca Fresca 100% requiere uso de explosivos para su remoción

8.5.6. Capacidad Portante del Macizo Rocoso

Consideraciones Geotécnicas Previas

El perfil estratigráfico típico del suelo de fundación en la zona de la presa está conformado, a partir de los datos obtenidos en los SEV’s y las calicatas, por un primer estrato del aluvial actual que presenta espesores del orden de 1.5 a 2.5 m que da paso a un aluvial más antiguo con un espesor que oscila entre los 5.0 a 7.0 m, bajo el cual ya encontramos el substrato rocoso andesítico. (Ver figura N° 31)

Respecto a este substrato rocoso andesítico, por los datos obtenidos en los perfiles sísmicos, muestra un primer tramo de espesor entre 7 a 10 metros con una velocidad más baja que conllevaría a pensar en un grado de calidad del macizo menor. (Ver figura N° 29)

En consecuencia consideramos que la cimentación de la presa deberá llevarse al substrato rocoso que se sitúa a profundidades del orden de 7 a 10 metros respecto a la topografía actual.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la permeabilidad de este substrato, con valores elevados en ocasiones y con escaso o sin relleno en las fracturas, que conllevará, a falta que en el proyecto definitivo se deban realizar sondajes en esta zona con ensayos Lugeon, a evaluar la necesidad de inyecciones.

Así mismo en los estribos, especialmente en el izquierdo, se deberá sanear al menos un espesor de 5 metros de la actual roca con el fin de eliminar macizo rocoso de baja calidad.

Cálculo de la Capacidad Portante

Existen dos formas para definir el comportamiento de una roca en rotura: mediante el estado de tensiones o mediante el de deformaciones. Normalmente se utiliza la primera (González Vallejo, 2002). De esta forma, se toma como resistencia de la roca la máxima tensión que ésta puede soportar.

En nuestro caso utilizaremos cuatro métodos para el cálculo de la capacidad admisible del macizo:

- El criterio de rotura de Hoek&Browm.
- El criterio de cálculo de la Guía de cimentaciones en obras de carretera del Ministerio de Fomento de España.
- El criterio AASHTO (1996).
- Determinación de las tensiones admisibles frente al hundimiento en rocas criterios de rotura no lineal, de Serrano y Orellana.

El criterio de rotura de Hoek&Brown

En la Figura, se representa las tensiones de rotura para el criterio de rotura de Hoek&Brown. En la figura se aprecia que la función que define el dominio elástico es no lineal.

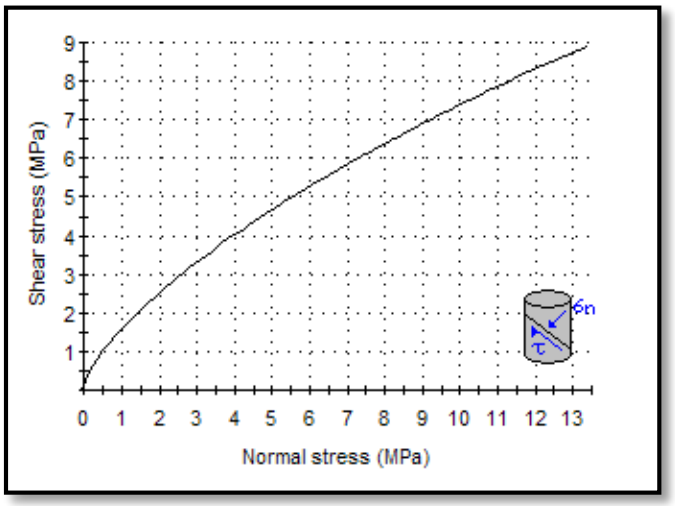


Figura 32: Representación del criterio de rotura de Hoek&Brown, en el espacio de tensiones normal y tangencial.

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de HC&A, bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia,

En los apartados de anexos de este informe se adjunta la situación en planta de cada uno de los ensayos, y los resultados obtenidos. Además se adjunta un apartado de reportaje fotográfico de los trabajos realizados.

A. Sondeos diamantinos a rotación

Se han realizado un total de dos sondeos diamantinos con diámetro HQ. La profundidad conseguida en los sondeos a rotación ha sido de 63,0 m en el sondeo S-1 y 50 m en el sondeo S-2. La justificación técnica del número de ensayos se presenta en el anexo 15.

A continuación se muestra una tabla resumen de los sondeos realizado (Ver anexo 01: Sondeos):

Tabla 50: Resumen de los Sondeos Realizados

ENSAYOS REALIZADOS				
	LOCALIZACIÓN		PROF. MAX. (m)	LUGEON
	X	Y		
S-1	347335	8082808	63	3
S-2	347459	8082927	50	3

El sondeo mecánico a rotación es la técnica fundamental en todo reconocimiento geotécnico. Es una perforación de pequeño diámetro, generalmente entre 65 y 140 mm que permite reconocer la naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos en que es posible.

Las perforaciones se realizan con una sonda de avance hidráulico montada sobre camión o con motricidad autónoma (según las necesidades y características del estudio) dotada de castillete o torre de sondeo y bomba de lodos.

El testigo del terreno perforado se aloja en un tubo testigo hueco, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona de widia o diamante que va realizando la perforación. En el extremo superior del tubo va enroscado el varillaje, generalmente de 42 ó 50 mm (hueco), para permitir que pase el agua proveniente de la bomba. Durante la ejecución

Con este ensayo se busca tener una idea de la permeabilidad en grande, es decir, la debida a las fisuras de la roca o del material granular cementado en estudio.

Supongamos una perforación invadida hasta una cierta profundidad, a partir de esta se perforan unos 5 metros y luego se fija un obturador en la parte superior de este tramo virgen y se inyecta agua a presión con una bomba. Un manómetro colocado en la boca del pozo, un contador de agua y una válvula de descarga, permiten medir los caudales inyectados a una presión dada.

El ensayo es hecho en cinco estados, en los cuales la presión con la que el agua es inyectada, varía entre cada uno de ellos. Antes de empezar, se define la presión máxima que va a ser utilizada, esta no debe exceder la presión de confinamiento esperada de la profundidad de la perforación; sobre esta presión máxima se trabaja durante el ensayo para no generar fracturas en la roca a causa de la presión generada por el agua.

Cada estado consiste en bombear cuanta cantidad de agua sea necesaria para mantener definida y constante la presión de la misma, esto se hace, generalmente, en intervalos de 10 minutos. Esta presión es incrementada en cada estado subsecuente, hasta llegar a la presión máxima ya establecida. Una vez ésta es alcanzada, la presión del agua debe ser reducida pasando por las mismas presiones de los estados anteriores.

Los cinco estados son:

Estadio 1	**Estadio 2**	**Estadio 3**	**Estadio 4**	**Estadio 5**
Bajo 0.50*PMAX	Medio 0.75*PMAX	Máximo PMAX	Medio 0.75*PMAX	Bajo 0.50*PMAX

Siendo PMAX la presión máxima definida a la cual el agua debe ser inyectada. Para conocer la permeabilidad en el macizo rocoso, se tiene entonces la ecuación:

$$k = \frac{Q}{2\pi L H_t} \log_e\left(\frac{L}{r}\right)$$

Dónde:

k: permeabilidad.

Q: velocidad constante del flujo en la perforación.

L: longitud del tramo ensayado.

Ht : presión de sobrecarga a la profundidad del ensayo/ peso específico del agua.
r: radio de la perforación de prueba.

Es común para este ensayo expresar la permeabilidad del macizo rocoso en Lugeons.

Un Lugeon (Lg) es una unidad equivalente a 1 litro por minuto y metro, bajo una presión de 10 kg/cm^2; esto es aproximadamente igual a 1×10^{-7} m/s. Es una unidad pequeña, y valores menores de un Lg indican en la práctica terrenos poco permeables.

De acuerdo a los valores en unidades Lugeon obtenidos (UL), la absorción se califica tal como se indica en la Tabla de acuerdo a Houlsby (1976) una unidad Lugeon es equivalente a 1,03x10^{-05}cm/s.

CONDICIÓN DEL TERRENO SEGÚN EL VALOR DE LA UNIDAD DE LUGEON
0 – 1 Muy favorable
1 – 3 Favorable
3 – 10 Desfavorable
> 10 Muy desfavorable

D. Ensayos de permeabilidades Gilg-Gavard de Nivel Variable

En el interior de las calicatas, se han llevado a cabo 6 ensayos de permeabilidad en suelos de tipo "Gilg-Gavard" a nivel variable, consistentes en la introducción de un pequeño volumen de agua en el mini-sondeo hasta una altura conocida.

Posteriormente se mide la posición del nivel de agua en tiempos sucesivos.

La permeabilidad **k** ve determinada per la expresión:

$$\mathbf{k = (1{,}308 d^2 \Delta h)/(A h_m \Delta t)}$$

Dónde:

k es la permeabilidad (cm/s)

d es el diámetro del sondeo (m)

Δ**h** es el descenso (m) del nivel de agua para un intervalo determinado Δ**t** (minutos)

$\mathbf{h_m}$ es la altura media (m) del nivel de agua en un intervalo Δt (minutos)

A es un coeficiente que depende de la longitud y diámetro del tubo según la expresión:

H. Martillo de Schmidt

Tabla 56: Resumen de Datos Obtenidos en Campo con el Martillo de Schmidt

TABLA RESUMEN TRABAJOS DE CAMPO												
INFORME PREVIO (HIDROENERGIA)						HC& ASOCIADOS						
Ensayo	LOCALIZACIÓN		Resistencia (MN/m^2)			ESTACIÓN GEOMECÁNICA	LOCALIZACIÓN		Resistencia (MN/m^2)			
	X	Y	Max.	Min.	Promedio		X	Y	Max.	Min.	Promedio	
EG-01	347398	8083122	200.95	100.31	157.1	EG1	347264	8082906	254.36	127.54	190.95	
EG-01	347398	8083122	318.24	203.26	243.31	EG2	347341	8082831	185.24			

Figura 37: Emplazamiento de líneas sísmicas

Las velocidades de las ondas sísmicas están supeditadas al grado de compactación o dureza de las rocas por donde viajan las ondas sísmicas, las bajas velocidades son típicas de un medio físico blando como las arenas sueltas o suelos movidos, a medida

Tabla 58: Resumen de los S.E.V Realizados

LOCALIZACIÓN SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (S.E.V)		
COORDENADAS DE LOS SEV SISTEMA WGS 84		
SEV	**X**	**Y**
1	347410	8083025
2	347420	8083013
3	347431	8083002
4	347439	8082994
5	347451	8082988
6	347435	8082985
7	347417	8082986
8	347390	8082990
9	347377	8082994
10	347359	8082959
11	347356	8082970
12	347350	8082986
13	347303	8082955
14	347303	8082945
15	347307	8082933
16	347332	8082961
17	347372	8082974
18	347462	8082921
19	347383	8082909
20	347348	8082833
21	347679	8083021
22	347728	8083063
23	347435	8083041
24	347420	8083105

Fuente: Elaboración propia

La localización de los ensayos realizados por HC&ASOCIADOS se muestra en la siguiente figura:

Figura 38: Emplazamiento S.E.V.

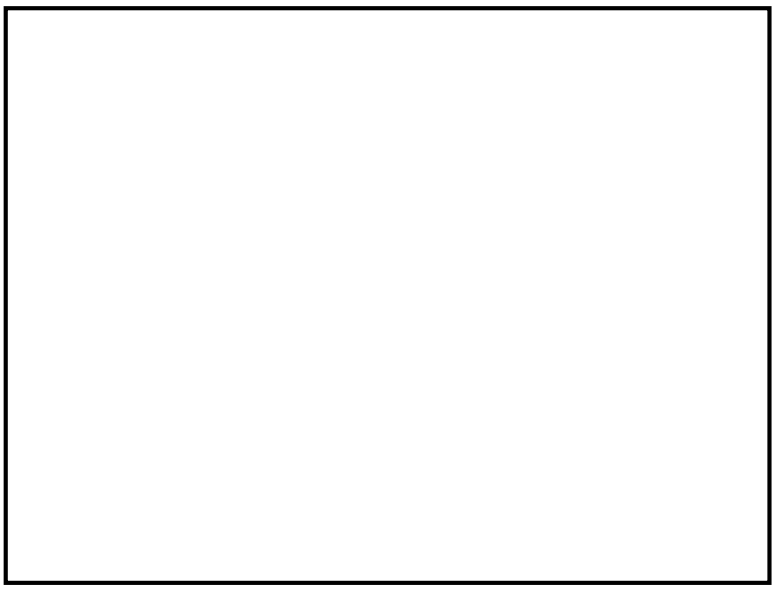
Es un método indirecto para conocer la geología subterránea, con resultados bastante próximos a la realidad del campo. Consisten en enviar corriente eléctrica al suelo mediante electrodos de acero y recepcionados en otros electrodos impolarizables, la configuración electródica puede ser simétrica lineal tetraelectródica (AMNB), trielectródico o bielectródico, el más utilizado en Perú es el Dispositivo Tetraelectródico Schlumberger.

Las medidas de la intensidad de corriente enviada a tierra (I) por los electrodos externos y la diferencia de potencial medidos en los electrodos internos (ΔV), permiten calcular la resistividad aparente $\rho_{\mathbf{a}}$,

- Volumen Estimado = 130359,40 m^3
- Rendimiento= 100%
- Material para = Concreto Pórtland, Filtro y Dren.
- Limite Liquido (%)= NP
- Índice de Plasticidad (%)= NP; 2 % máx.
- Pasa la Malla Nº 200= 1,5 %
- Clasificación= GP y GW
- Explotación= Chancado y Zarandeado.
- Acceso= Mantenimiento y mejoramiento del camino de acceso existente de 0,2km. aproximado.
- Abrasión= 14%; 35 % máx.
- Impurezas Orgánicas= NP
    - Sales Solubles=0,03%; 1,0 %máx.
- Durabilidad Sulfato de Sodio= A. Grueso = 1,2% A. fino = 3,3% 12 % máx.
- Disponibilidad=Coordinar con municipalidad de Ilabaya.

El tratamiento de limpieza y explotación será con tractor de oruga, excavadora de oruga y cargador frontal.

Cantera Huanuara 2



Fotografía N° 22: Vista del área de la cantera Huanahuara 2.

Ubicada también sobre el cauce de la Quebrada Huanuara, aproximadamente en el lado derecho del pk. 5+850 de la carretera Ilabaya – Camilaca por un desvió de 1.2 km del desvío hacia Huanuara estaría en la jurisdicción del Centro Poblado Chejaya.

Se recomienda la explotación del material en los meses de marzo al mes de octubre debido a la escasez de lluvias y el bajo caudal del río. Para épocas de lluvias se acopiara el material en la parte alta.

La potencia de la cantera es deficiente se deberá completar con material transportado de canteras próximas a esta.

- Características del Material: Especificaciones EG-2000
- Área= 68158,00 m^2
- Espesor = 5,0 m
- Volumen Estimado = 86211m^3
- Rendimiento = 90%
- Material para = Concreto Pórtland, Filtro y Dren.
- Limita Liquido (%)= NP
- Índice de Plasticidad (%) = NP; 2 % máx.
- Pasa la Malla Nº 200 = 1,5 %
- Clasificación = GP y GW
- Explotación = Chancado y Zarandeado.
- Acceso = Camino transitable de acceso existente de 1,2 km aproximadamente
- Abrasión = 14%; 35 % máx.
- Impurezas Orgánicas= NP
- Sales Solubles = 0,03%; 1,0 %máx.
- Durabilidad Sulfato de Sodio= A. Grueso = 1,2 % A. fino = 3,3%; 12 % máx.
- Disponibilidad = Coordinar con municipalidad de Ilabaya.

El tratamiento de limpieza y explotación será con Tractor de oruga, Excavadora de oruga y cargador frontal.

Cantera Huanuara 3

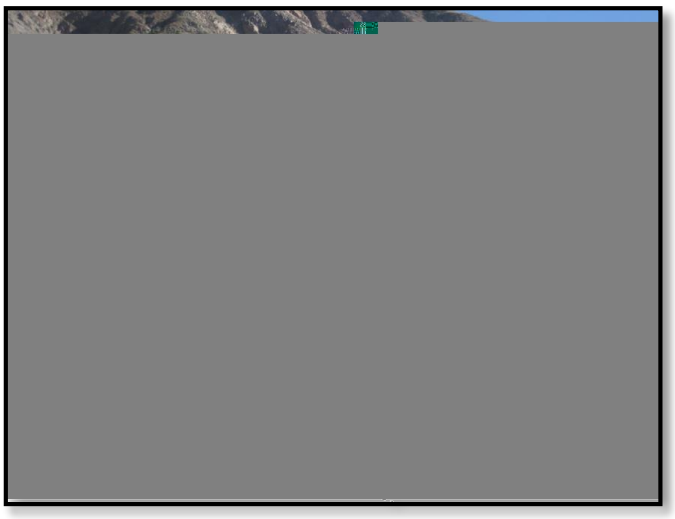
Fotografía N° 23: Vista del área de la cantera Huanahuara 3.

Ubicada también sobre el cauce de la Quebrada Huanuara, aproximadamente en el lado derecho del Km 5+850 de la carretera Ilabaya – Camilaca por un desvió de 2.0 km del desvío hacia Huanuara estaría en la jurisdicción del Centro Poblado Chejaya.

Se recomienda que la explotación del material en los meses de marzo al mes de Octubre deba ser aprovechable por la escasez de lluvias ya que el caudal del río baja y para épocas de lluvias se acopiará el material en la parte alta.

- La potencia de la cantera es deficiente se deberá completar con material transportado de canteras próximas a esta.
- Características del Material: Especificaciones EG-2000
- Área= 23375,00m^2
- Espesor= 5m
- Volumen Estimado = 122138,00m^3
- Rendimiento= 90%
- Material para= Concreto Pórtland, Filtro y Dren.
- Limita Liquido (%)= NP
- Índice de Plasticidad (%)= NP; 2 % máx.
- Pasa la Malla Nº 200= 1,5 %
- Clasificación= GP y GW
- Explotación= Chancado y Zarandeado.
- Acceso= camino de acceso existente de 1,0 km aproximadamente
- Abrasión= 14%; 35 % máx.
- Sales Solubles= 0,03%; 1,0 %máx.

D. Cantera De Roca 1 (Cambaya)



Fotografía N° 26: Vista del área de la cantera Roca 1

El material de rocas de esta cantera ofrece fuentes de préstamo apropiadas para su empleo como material de enrocado, las rocas existentes son del tipo volcánicas riolíticas.

Se encuentra ubicado en la jurisdicción del Centro poblado Cambaya, aguas arriba de la presa Kullku, se accede por el antiguo camino de herradura hacia la Catarata Parina desde el desvío de la carretera hacia la fuente de préstamo presenta una longitud de 0,5 km aproximadamente. La fuente de préstamo propuesta consiste de una loma con abundante cantidad de rocas sueltas superficiales. El método de excavación masiva será con explosivos y maquinaria pesada.

Se efectuaron ensayos de laboratorio en muestras representativas encontrándose que la matriz rocosa presenta muy buena resistencia de acuerdo a los ensayos de carga puntual, se tiene una resistencia de promedio de 190 Mpa, además de presentar buenas propiedades físicas: 2,6 g/cm3 (Densidad), 2,7 gr/cm3 (Peso Específico), 1,15%(Absorción) y 0,03%(Porosidad).

Características del Material

- Área de explotación =59012,00 m^2
- Volumen Estimado = 3835780,00 m^3
- Rendimiento= 90.0%
- Material para=Conformación de represa, para material de escollera.
- Disposición = Gestionar con C.P. Cambaya y Municipalidad Ilabaya.
- Explotación= Explosivo y maquinaria pesada.

Acceso= Habilitar trocha de acceso de 0,5 km

CAPITULO IX: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

9.1. GENERALIDADES

El proyecto está siendo planteado para aprovechar las aguas potencialmente disponibles y aprovechables durante los periodos húmedos, cuyos recursos hídricos almacenados no solamente servirán para incrementar la disponibilidad hídrica, la cual permitirá ampliar la frontera agrícola con otras comunidades cercanas, sino para el control de la erosión en épocas de avenidas extraordinarias.

9.2. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

Uno de los objetivos de un Estudio Ambiental, es identificar, predecir, interpretar y comunicar los impactos ambientales que un proyecto producirá sobre el medio ambiente, en las diferentes fases o etapas del mismo. Por ello, es preciso dejar claramente establecidas algunas condiciones básicas fundamentales del proceso de evaluación de los impactos ambientales, que se han tomado en cuenta para la elaboración de este estudio, a fin que el revisor del mismo pueda tener un adecuado marco de referencia en el cual deberá desarrollar su función.

Estas consideraciones teóricas básicas son las siguientes:

- La importancia de los impactos ambientales sobre el medio receptor, es variable; algunos impactos serán más importantes que otros y en un proceso de evaluación de impactos ambientales es absolutamente necesario precisar el grado de importancia de cada impacto ambiental, a fin de proponer medidas de control, sobre todo para aquellos impactos ambientales negativos que tengan mayor significancia.
- Por el efecto que producen sobre el medio ambiente, los impactos ambientales pueden ser de dos tipos: positivos o negativos.
- Por definición, el impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado a consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente actual tal como evolucionaría normalmente sin el proyecto.
- El término “impacto” se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en el “entorno”; el impacto ambiental se origina en una acción humana y no se suele aplicar el término impacto a las alteraciones producidas por fenómenos naturales.

Existen diversas técnicas desarrolladas para la identificación y evaluación de impactos ambientales, la mayoría de ellas son de tipo cualitativas y cuantitativas, dado que se

apoyan en criterios basados en la experiencia del equipo evaluador, sin embargo, permiten conocer o tener una idea del grado de afectación y magnitud de los efectos asociados al proyecto y principalmente establecer un orden en función a su severidad, de manera que en una etapa posterior, se diseñe un plan adecuado para su manejo, priorizando aquellos aspectos que se vean comprometidos de manera más significativa.

Para poder determinar los impactos ambientales se utilizará la metodología que a continuación se describe

Identificación de los Impactos Ambientales

El proceso de identificación de los impactos ambientales constituye la primera etapa para el desarrollo del proceso de evaluación ambiental y consiste en desarrollar un análisis del proyecto y del ambiente para establecer las interacciones que se presentarán a raíz de la ejecución del mismo, es decir, los componentes del proyecto que potencialmente pueden ocasionar un impacto ambiental, y los componentes ambientales que podrían verse afectados o que interactúan de algún modo con el proyecto.En esta etapa se desarrolla un análisis en dos niveles:

i) El Nivel Ambiental: cuya base técnica lo constituye el desarrollo de la Línea Base Ambiental y cuyos principales resultados se presentan en el capítulo III del estudio.

ii) El nivel del Proyecto: el cual se apoya en la descripción y estudio del proyecto presentado en el capítulo II.

Es decir, que se requiere conocer tanto el ambiente donde se ejecutará el proyecto como el proyecto en sí mismo, para lograr una adecuada identificación de impactos, de lo contrario no se podrá reconocer aquellos aspectos o factores que presentan una mayor susceptibilidad a la ejecución de las obras o aquellos que presenten un alto grado de dependencia al recurso a modificar.

De este modo, para proceder al análisis del nivel ambiental, se procede a desagregarlo en variables menores. De manera que puedan ser estudiadas y fácilmente identificables.

Su desagregación se desarrolla en los siguientes subniveles:

Por medio, se reconoce al Medio Físico, Biológico y Socioeconómico, por componente a aquellos que integran el medio ambiental, por ejemplo el componte suelo, y por factor aquellos elementos, procesos o cualidades que pueden ser afectados, por ejemplo calidad del suelo, procesos de erosión etc.

A continuación presentamos el esquema de desagregación:

mecanismos de carácter preventivo, correctivo o de mitigación de los impactos negativos que se generarán en las diferentes etapas del proyecto y que han sido detallados en el punto referente a la descripción de los impactos ambientales del proyecto.

Para cada medida propuesta al interior del programa se incluyen: objetivos, impactos por manejar, causas del impacto, efecto ambiental del impacto, acciones a desarrollar, plazo de ejecución y responsable de la ejecución, como se especifica más adelante

CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

El Programa de Educación Ambiental tiene por objetivo capacitar a los trabajadores del proyecto, población en general y estudiantes de las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto a fin de lograr una relación armónica entre las actividades antrópicas relacionadas con el proyecto y con el medio ambiente.

Este programa se refiere a la realización de campañas de educación y conservación ambiental, siendo impartido a todo el personal que labore en el proyecto, población beneficiaria y estudiantes con énfasis en las normas de higiene, seguridad, conservación del medio ambiente y comportamiento humano. Este programa será realizado por EL CONTRATISTA..

9.4. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El Plan de Seguimiento y/o Control constituye un documento técnico de control del medio ambiente cuyo propósito es examinar y controlar los impactos principales que se produzcan en el área del proyecto a consecuencia de la construcción y operación de la infraestructura propuesta a construir.

Este Plan de Seguimiento y/o Control se ha estructurado en dos partes:

a) Medidas de Seguimiento y Supervisión Ambiental
b) Monitoreo Ambiental

a) Medidas de Seguimiento y Supervisión Ambiental

Se propone que la Supervisión de la obra incluya el componente de supervisión ambiental durante la etapa de construcción de la obra y que este seguimiento ambiental continúe durante la etapa de operación del proyecto.

Dentro de las funciones y responsabilidades de la Supervisión Ambiental se señalan las siguientes:

- Ejecutar los Planes de Prevención, Mitigación o Corrección Ambiental en el ámbito del proyecto
- Coordinar el cumplimiento de las normas legales y/o proponerlas, en lo que se refiere a la conservación ambiental.
- Conducir el plan y control ambiental de datos e información ambiental que genere, para comunicarla y difundirla.

Los principales objetivos de la supervisión ambiental serán los siguientes:

- Señalar los impactos detectados y comprobar que las medidas preventivas o correctivas propuestas, se ejecuten y que sean eficaces.
- Verificar que no se produzcan impactos negativos secundarios al ambiente, como consecuencia de la ejecución de las medidas de prevención o mitigación. Si fuera el caso, proponer y ejecutar medidas de control y mitigación de estos impactos negativos secundarios.
- Proponer al contratista, durante el período de ejecución de la obra, las acciones necesarias, en la búsqueda de una buena actuación ambiental de la empresa contratista y el personal de la misma.

La supervisión Ambiental en la etapa de construcción será realizada por el supervisor de la obra.

b) Monitoreo Ambiental

El Plan de Monitoreo Ambiental constituye un documento técnico de control ambiental, en el que se concretan los parámetros necesarios para llevar a cabo el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales afectados, así como, de los sistemas de prevención y control, para garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas y correctivas, a fin de lograr la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el ambiente durante la construcción y funcionamiento de la obra.

9.5. PLAN DE CONTINGENCIAS

El Plan de Contingencias contiene los lineamientos y acciones que permitirán afrontar las situaciones de emergencia relacionadas con los riesgos ambientales y accidentes que se pudieran producir durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

Se debe tener presente que la primera forma de reducir o eliminar la probabilidad que ocurra una contingencia es prevenirque no ocurra. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que las medidas preventivas no aseguran con absoluta certeza que las emergencias no ocurrirán, por lo cual es necesaria la elaboración de un Plan de Contingencias para controlar este tipo de situaciones.

Para el proyecto a ejecutar se han identificado los posibles eventos impactantes, haciendo una clara diferenciación de ellos en razón de sus causas, según las cuales se clasifican en:

Contingencias por fenómenos naturales

Son las originadas por eventos resultantes de sismos, fuertes lluvias, etc. Sus consecuencias pueden reflejarse en atrasos en la obra y deterioro de la infraestructura ya existente.

Contingencias por accidentes

Aquellas originadas por accidentes ocurridos en los frentes de trabajo y que requieren de una atención médica y de organismos de rescate y socorro. Sus consecuencias pueden producir pérdida de vidas. Entre estas contingencias se cuentan los incendios y accidentes de trabajo; también, aquellas originadas por mordeduras o picaduras de animales, las que dependiendo de su gravedad, pueden ocasionar graves consecuencias.

Contingencias por procesos técnico-constructivos

Son las originadas por procesos constructivos que requieren una atención técnica, ya sea de construcción o de diseño. Sus consecuencias pueden reflejarse en atrasos y costos adicionales para el proyecto. Entre ellas se cuentan los atrasos en programas de construcción, condiciones geotécnicas inesperadas y fallas en el suministro de insumos, entre otros.

Contingencias por conflictos sociales

Son las originadas por eventos resultantes de la ejecución de la obra y su acción sobre la población establecida en el área de influencia de la obra por conflictos humanos internos o exógenos. Sus consecuencias pueden reflejarse en atrasos en la obra, deterioro de la imagen de la empresa constructora, dificultades de orden público, etc. Se considera como contingencias a los paros cívicos y las huelgas de trabajadores y reclamos de la población del entorno.

9.5.1. Distribución general del plan de contingencia

Será de conocimiento de todas aquellas personas que directa o indirectamente están involucradas en la atención de las situaciones de accidentes o emergencias. Entre estas personas están las siguientes: residente de obra, capataz, obreros, Compañía de Bomberos más cercana, Programa Sub sectorial de irrigación, Junta de Usuarios y la Supervisión de obra.

9.5.2. Manejo de contingencias

Se deberá comunicar previamente a los Centros de Salud de las localidades más cercanas la fecha de inicio de la obra, para que éstos estén preparados frente a cualquier accidente que pudiera ocurrir. Los hospitales y centros de salud deberán estar informados y dispuestos a

ANEXOS

CARTILLAS DE LABORATORIO

GRÁFICO DEL SONDEO

Número de sondeo: **S-1**

PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya

SUPERVISOR: Jose Luis Rubio Alvarez

SONDA: Boart Longyear

SONDISTA:

FECHA DE INICIO: **FECHA FIN:**

COORDENADAS: **X:** 347335 **Y:** 8082808 **Z: 2265,2**

DATOS DE PERFORACIÓN									ENSAYOS INSITU						CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO											
Escala	Revestimiento	Perforación	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafia	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Nivel freáco	Muestra	Permeabilidad	SPT	Nspt	RQD	Tipo de plano	Referencia de plano	Buzamiento	Espaciado	Apertura	Rugosidad	JRC	Espesor relleno	Tipo relleno	Resistencia al martillo	N30	Resistencia al martillo
0.0			0,6	90%	0,6			**Roca andesítica rojiza (R:4-5) (M:I-II)**						30%	0,55	J	75	-	-	-	10-12	-	-	V	0 1	
1.0			0,5		1,1									40%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0,9	80%										30%	1,25	J	50	-	-		12-14	-	-	IV-V	1 0 0	
2.0					2,0																					
			0,8											25%	2,03 2,4 2,65	J J J	45 80 65	- - -	- - -	- - -	6-8 14-16 4-6	- - -	- - -	V IV V	1 1 1	
3.0				90%	2,8																					
			1,2											50%	2,95 3,4 3,85 3,90	J J J J	80 30 65 80	- - - -	- - - -	- - - -	6-8 8-10 14-16 4-6	- - - -	- - - -	I V V IV V	1 0 1 2	
4.0					4,0																					
			0,5	70%	4,5									0%												
															4,70 4,80	J J	70 45	- -	- -	- -	10-12 4-6	- -	- -	IV IV	2 >5	
5.0		NO	HQ	1,0	80%		63 m		NO					30%											>5 >5	
					5,5																					
			0,8	70%										0%												
6.0					6,3																					
			0,9											25%	- 6,6 -	- J -	- 58 -	- - -	- - -	- - -	- 6-8 -	- 1mm -	- OX-CL -	- IV -	>5 1 >5	
7.0				80%	7,2																					
			0,4		7,6									0%												
			0,5	70%										50%	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	>5 0	
8.0					8,1																					
			0,8	90%										30%	8,3 - 8,7	J - 5	45 - 70	- - -	- - -	- - -	14-16 - 4-6	- - -	IV - IV	- - -	1 0 1	
9.0					8,9																					
			0,9	80%										50%	9,1 9,35 9,6	J J J	65 70 75	- - -	- - -	- - -	4-6 2-4 10-8	- - -	IV IV IV	- - -	>5 1 1	
					9,8																					
10.0				100%										70%	9,95	J	30	-	-	-	10-12	-	IV	-	1	

* Tramo de 4,0 a 8,2 m: roca muy fracturada y numerosas juntas dispersas en el tramo.

Observaciones:

GRÁFICO DEL SONDEO

Número de sondeo: **S-1**

PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya

SUPERVISOR: Jose Luis Rubio Alvarez

SONDA: Boart Longyear

FECHA DE INICIO: **FECHA FIN:**

SONDISTA:

COORDENADAS: **X:** 347335 **Y:** 8082808 **Z:**

DATOS DE PERFORACIÓN									ENSAYOS INSITU						CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO											
Escala	Revestimiento	Perforación	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafia	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Nivel freáco	Muestra	Permeabilidad	SPT	Nspt	RQD	Tipo de plano	Referencia de plano	Buzamiento	Espaciado	Apertura	Rugosidad	JRC	Espesor relleno	Tipo relleno	Resistencia al martillo	N30	Resistencia al martillo
10.0								**Roca andesítica rojiza (R:4-5) (M:I-II)**		10,2					10,10	J	45-	-	-		4-6	-	-	IV	1	
			0,8		10,6					TP				70%											0	
11.0										10,6																
			1,4												11,10	J	20	-	-		12-14	-	-	V	0	
															11,15	J	10	-	-		6-8	-	-	V	3	
															11,25	J	35	-	-		8-10	-	-	V		
														60%											2	
															11,50	J	15	-	-		4-6	-	-	V		
															11,52	J	45	-	-		4-6	-	-	IV		
										11,7															1	
12.0															11,75	J	45	-	-		4-6	-	-	IV		
					12,0			* Tramo de 11,8 a 12,1 m: andesita beige blanquecina, algo mas blanda. Posiblemente un cambio composicional en el flujo andesítico		TP															
			0,95	100%						12,07				85%											0	
																									0	
13.0					12,95										12,85	J	35	-	-		2-4	<1	OX-CL	IV	2	
															12,90	J	35	-	-		2-4	<1	OX-CL	IV		
			0,85																						0	
														50%	13,35	J	25	-	-		14-16	1	OX-CL	IV		
															13,40	J	60	-	-		4-6	1	OX-CL	IV	2	
					13,8										13,67	J	45	-	-		2-4	<1	OX-CL	V	1	
14.0																									1	
			0,8												14,1	J	70	-	-		2-4	<1	CL			
														50%	14,25	J	65	-	-		2-4	<1	CL		1	
					14,6										15,5	J	50	-	-		2-4	<1	CL		1	
15.0	NO	HQ	0,9	90%		63 m			NO																0	
														20%	15,0	J	65	-	-		10-12	-	-	IV	1	
															15,2	J	55	-	-		4-6	-	-	IV		
					15,5										15,25	J	55	-	-		4-6	-	-	IV		
																									3	
16.0			1,0																					V	0	
														90%											0	
					16,5																				0	
17.0			0,6	100%										65%											0	
					17,1			* Tramo 17,00-17,2 m: intercalación beig blanquecino de naturaleza andesítica algo alterada. R: 3-4, M: III		17,1															
										TP															0	
															17,45	J	45	-	-		2-4	-	-	IV		
										17,5															2	
			1,3											90%	17,65	J	55	-	-		12-14	-	-	IV		
18.0																									1	
															18,0	J	70	-	-		8-10	-	-	V		
					18,4																				1	
															18,3	J	45	-	-		6-8	-	-	IV		
			0,5	90%										0%	18,5	J	40	-	-		6-8	-	-	V	1	
																									0	
19.0					18,9																					
																									>5	
															19,25	J	30	-	-		4-6	-	-	IV		
			1,5	100%										55%											1	
															19,55	J	25	-	-		4-6	-	-	IV		
															19,6	J	25	-	-		6-8	-	-	IV	2	
20.0																									0	

Observaciones:

20,4

21,0

22

20,8	J	65	-	-	4-6	1mm	CL-OX			0
21,9	J	50	-	-	12-14	1mm	CL-OX	IV		1
22,05	J	20	-	-	10-12	<1	CL	IV	1	0
										0
										1
										0

GRÁFICO DEL SONDEO

Número de sondeo: **S-1**

PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya

SUPERVISOR: Jose Luis Rubio Alvarez

SONDA: Boart Longyear

FECHA DE INICIO: **FECHA FIN:**

SONDISTA:

COORDENADAS: **X:** 347335 **Y:** 8082808 **Z:**

DATOS DE PERFORACIÓN									ENSAYOS INSITU						CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO												
Escala	Revestimiento	Perforación	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafia	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Nivel freáco	Muestra	Permeabilidad	SPT	Nspt	RQD	Tipo de plano	Referencia de plano	Buzamiento	Espaciado	Apertura	Rugosidad	JRC	Espesor relleno	Tipo relleno	Resistencia al martillo	N30	Resistencia al martillo
50.0								**Roca andesítica rojiza (R:4-5) (M:I-II)**																	0	
			0,9		50,2									40%	50,3	J	20	-	-		6-8	-	-	V	1	
51.0																									>5	
			0,4		51,1									0%	-	-	-	-	-		-	-	-	-		
					51,5																					
52.0			0,8											40%	51,6	J	85	-	-		4-6	-	-	V	1	
					52,3										51,9	J	50	-	-		14-16	-	-	V	1	
								* Tramo 52,3-52,8 m: andesita beig blanquecina. R: 3, M:III																>5	
53.0			1,6											40%	53,2	J	65	-	-		12-14	-	-	V	0 0 0 1 >5	
					53,9																					
54.0			1,0											40%	54,7	J	45	-	-		10-12	-	-	IV	>5 0 1	
55.0	NO	HQ		100%	54,9	63 m			NO					100%	55,9	J	60	-	3mm	-	-	3mm	CL duro	V	0 0 0 1	
			1,1		56,0										56,25	J	50	-	-		4-6	-	-	IV	1	
56.0																										
			1,6											90%	56,50	J	40	-	-		6-8	-	-	V	1 0	
57.0															57,2	J	50	-	-		4-6	-	-	V	0 1	
					57,6																					
58.0			1,6											90%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
															-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	0	
															-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
59.0															-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
					59,2										-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	0	
			0,9											50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
60.0															-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	

Observaciones:

GRÁFICO DEL SONDEO

Número de sondeo: **S-1**

PROYECTO:	Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna
LOCALIDAD:	Distrito de Ilabaya
SONDA:	Boart Longyear
FECHA DE INICIO:	**FECHA FIN:**
COORDENADAS:	**X:** 347335 **Y:** 8082808 **Z:**
SUPERVISOR:	Jose Luis Rubio Alvarez
SONDISTA:	

DATOS DE PERFORACIÓN								DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	ENSAYOS INSITU						CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO											
Escala	Revestimiento	Perforación	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafia		Nivel freáco	Muestra	Permeabilidad	SPT	Nspt	RQD	Tipo de plano	Referencia de plano	Buzamiento	Espaciado	Apertura	Rugosidad	JRC	Espesor relleno	Tipo relleno	Resistencia al martillo	N30	Resistencia al martillo
60.0								**Roca andesítica rojiza (R:4-5) (M:I-II)**							-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
															-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	0	
61.0			1,5		60,1									10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
	NO	HQ		#####		63 m			NO						-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	0	
					61,6										-	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	0	
62.0			0,7											53%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I V	0	
					62,3										-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
			0,7	90%										30%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
63.0				100%											-	-	-	-	-	-	-	-	-	III	0	
								Final del sondeo a 63,0 m																		
64.0																										
65.0																										
66.0																										
67.0																										
68.0																										
69.0																										
70.0																										

Observaciones:

GRÁFICO DEL SONDEO

Número de sondeo: **S-2**

PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya

SUPERVISOR: Jose Luis Rubio Alvarez

SONDA: Boart Longyear

FECHA DE INICIO: 23/01/2014 **FECHA FIN:** 26/01/2014

SONDISTA:

COORDENADAS: **X:** 347459 **Y:** 8082927 **Z: 2267**

DATOS DE PERFORACIÓN									ENSAYOS INSITU						CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO											
Escala	Revestimiento	Perforación	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafia	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	Nivel freáco	Muestra	Permeabilidad	SPT	Nspt	RQD	Tipo de plano	Referencia de plano	Buzamiento	Espaciado	Apertura	Rugosidad	JRC	Espesor relleno	Tipo relleno	Resistencia al martillo	N30	Resistencia al martillo
0.0																										
			0,6	60%		0,6m		**Relleno antropico. Limo arcilloso marrón claro con algo de grava**						0%												
1.0			0,7	100%				**Roca andesítica rojiza (R:4-5) (M:I-II)**						100%	1,0	J	40	-	-		14-16			V	0 0 1	
2.0			1,0											65%	1,5 1,8 2,0	J J J	70 40 20	- - -	- - -		10-12 12-14 12-14	4mm <1 -	CL OX -	V V V	1 1 1	
3.0			0,7	90%										15%	2,35 2,75	J J	65 90	- -	- -		10-12 12-14	- -	- -	V V	1 1	
4.0			1,15											80%	3,75	J	90	-	-		12-14	-	-	V	0 0 1 0	
5.0	NO	HQ	1,2	100%	5,35				NO					85%	4,25 4,35 4,55 5,05	J J J J	65 80 60 65	- - - -	- - - -		6-8 8-10 8-10 4-6	- - - -	- - - -	V V V V	2 1 1 0	
6.0			1,3	90%										40%	5,7	J	25	-	-		10-12	-	-	V	0 1 0 0	
7.0			0,7		6,65 7,35			* Tramo 5,8-7,9 m: andesita muy fracturada (M:III). RQD : 0-10%.						0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8.0			0,9	70%				* Se observan abundantes juntas de buzamiento vertical-subvertical						55%	7,95 8,2	J J	50 45	- -	- -		8-10 10-12	<1 2-3	CL CL		1 1 0	
9.0			0,6	80%	8,25 8,85				7,87 TP 8,14					65%	8,40 8,65	J J	85 35	- -	- -		6-8 10-12	2-3 < 1	CL CL		1 1	
10.0			1,15	90%	10,0									30%	9,0 9,30 -	J J -	65 75 -	- - -	- - -	- - -	14-16 12-14 -	<1 2-3 -	CL CL -		1 1 >5 >5	

Observaciones:

Sondeo S-1 - Caja 1

Sondeo S-1 - Caja 2

Sondeo S-1 - Caja 3

Sondeo S-1 - Caja 4

Sondeo S-1 - Caja 5

Sondeo S-1 - Caja 6

Sondeo S-1 - Caja 7

Sondeo S-1 - Caja 8

Sondeo S-1 - Caja 9

Sondeo S-1 - Caja 10

Sondeo S-1 - Caja 11

Sondeo S-1 - Caja 12

Sondeo S-1 - Caja 13

Sondeo S-1 - Caja 14

Sondeo S-1 - Caja 15

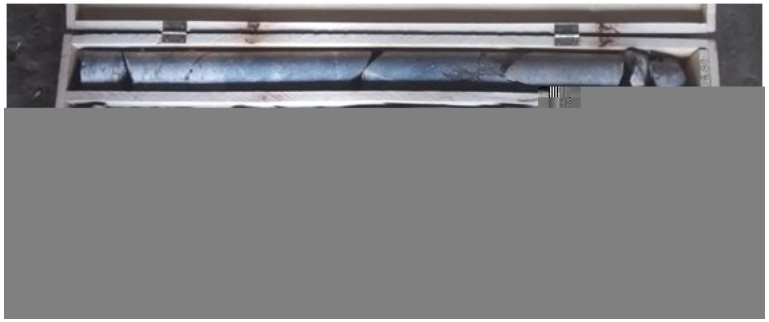
Sondeo S-1 - Caja 16

Sondeo S-1 - Caja 17

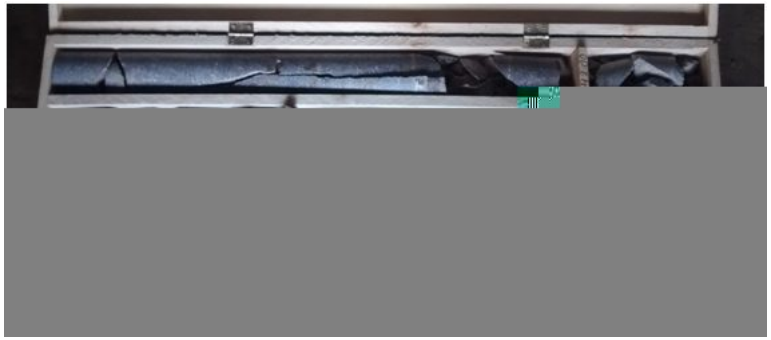
Sondeo S-2 - Caja 7

Sondeo S-2 - Caja 8

Sondeo S-2 - Caja 9



Sondeo S-2 - Caja 10



Sondeo S-2 - Caja 11

Sondeo S-2 - Caja 12

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 11/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-4**

COORDENADAS

X: 347300 Z:

Y: 8082933

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO – Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00	0,1				**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**				H-1					100.0	98.4	97.4	92.0	88.5	79.3	71.6	64.7	52.4	34.5	22.0	13.7	9.3	5.9	NP	NP	NP	SW-SM	
0.50					**Gravas y bolos con arena fina limosa beige clara.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm. La humedad aumenta en profundidad.				H-2					100.0	100.0	97.8	83.1	75.7	63.0	54.4	47.1	35.7	21.5	11.3	4.9	2.1	0.6	NP	NP	NP	SP	
1.00																															
1.50	1,4		1,4																												
2.00																															
2.50																															
3.00																															
3.50																															
4.00																															
4.50																															
5.00																															

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 11/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-5**

COORDENADAS

X: 347383 Z:

Y: 8082983

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO – Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00					**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**																											
	0,5								H-1					100.0	100.0	99.3	95.3	90.9	79.0	68.7	60.0	46.8	29.4	15.3	6.0	2.3	0.0	NP	NP	NP	SP	
0.50					**Gravas y bolos con arena fina limosa beige clara.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm. La humedad aumenta en profundidad.				H-2					100.0	94.7	91.9	87.4	81.5	67.2	54.2	43.9	32.0	20.0	11.3	5.7	3.3	1.9	NP	NP	NP	SP	
1.00	1,0		0,95																													
1.50																																
2.00																																
2.50																																
3.00																																
3.50																																
4.00																																
4.50																																
5.00																																

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de llabaya. Distrito de llabaua r Jorge Basadre Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 11/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: C6

COORDENADAS

X: 347435 Z:

Y: 8083039

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si/ No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vanetest (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO Analisis granulométrico por tamizado (ASTM D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Límde Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00																															
0.50	0,5																														
1.00																															
1.50	1,5		1,5																												
2.00																															
2.50																															
3.00																															
3.50																															
4.00	õÀÀ o\ $ Ð &a’À 0																														
4.50																															
5.00																															

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 11/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: C-8

COORDENADAS

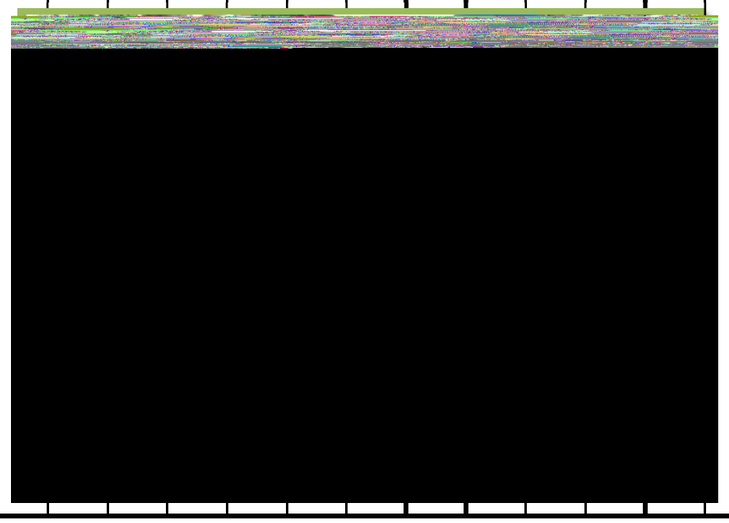
X: 347479 Z:

Y: 8082986

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)
0.00					**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**								
	0,3												
0.50					**Arena limo arcillosa marron oscuro con abundantes gravas y bolos.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm.				H-1				
1.00	1,0								H-2				
1.50			1,5		**Arena fina limo arcillosa marron oscura con indicios/algo de gravas y bolos.** Gravas de naturaleza dacitica, subredondeadas-subangulosas, diametro 1-7cm.								
	1,6												
2.00													
2.50													
3.00													
3.50													
4.00													
4.50													
5.00													

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Muestra	Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
H-1	100.0	100.0	99.5	94.5	89.3	76.0	64.5	45.7	26.0	12.5	6.6	3.7	2.2	0.4	NP	NP	NP	SP	
H-2	100.0	99.3	97.4	92.6	87.7	69.5	51.2	35.5	19.8	8.7	4.0	2.1	1.4	0.5	NP	NP	NP	SP	



Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Cliente:

Máquina: Calicata manual

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Fecha de realización: 10/01/2014

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-9**

COORDENADAS

X: 347599 Z:

Y: 8082995

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)
0.00	0,2				**Arena fina media beige clara.**								
0.50	0,9		0,9		**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm.				H-0 H-1				
1.00													
1.50													
2.00													
2.50													
3.00													
3.50													
4.00													
4.50													
5.00													

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	98.9	97.7	92.9	74.5	44.1	21.6	8.5	0.0	NP	NP	NP	SW-SM	
100.0	100.0	97.7	82.4	73.6	60.0	51.6	44.7	35.4	23.8	14.3	7.8	4.1	0.5	NP	NP	NP	GP	

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Cliente:

Máquina: Calicata manual

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Fecha de realización: 10/01/2014

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-10**

COORDENADAS

X: 347685 Z:

Y: 8083034

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO – Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00					**Gravas y bolos con algo de arena fina limosa beige clara.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-20 cm.				H-1					100.0	100.0	100.0	99.2	97.4	85.2	69.9	54.7	38.5	24.1	14.8	9.4	5.8	0.2	NP	NP	NP	SP-SM	
0.50																																
1.00	1,0				**Gravas y bolos con arena fina limosa.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm. La humedad aumenta en profundidad.				H-2					100.0	99.2	95.8	90.1	85.6	73.9	61.8	50.1	36.4	20.3	11.8	6.9	4.8	2.0	NP	NP	NP	SP	
1.50	1,4		1,4																													
2.00																																
2.50																																
3.00																																
3.50																																
4.00																																
4.50																																
5.00																																

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Cliente:

Máquina: Calicata manual

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Fecha de realización: 09/01/2014

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-11**

COORDENADAS

X: 347755 Z:

Y: 8083066

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO – Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00																																
	0,2				**Tierra vegetal.** **Arena fina media beige clara con algo de grava y**																													
0.50					**Arena fina limosa beige clara con gravas y bolos.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 12-55 cm. La humedad aumenta en profundidad.				H-1					100.0	90.5	86.2	76.2	71.1	63.4	56.8	52.4	47.1	42	36.7	30.7	25.5	10.1	19.4	15.1	4.3	GM	
1.00									H-2					100.0	100.0	94.4	84.1	77.9	63.8	50.9	39.7	28.6	16.9	9.0	4.4	2.5	0.6	NP	NP	NP	GP	
	1,4																															
1.50																																
2.00																																
2.50																																
3.00																																
3.50																																
4.00																																
4.50																																
5.00																																

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 10/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-12**

COORDENADAS

X: 347515 Z:

Y: 8082976

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO: Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00	0,1				**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**																											
0.50	0,7		0,7		**Gravas y bolos con indicios de arena fina limosa.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-40cm. La humedad aumenta en profundidad. Presencia de raices.																											
1.00																																
1.50																																
2.00																																
2.50																																
3.00																																
3.50																																
4.00																																
4.50																																
5.00																																

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 16/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-13**

COORDENADAS

X: 347440 Z:

Y: 8082985

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO: Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00					**Arena fina media beige clara.**																											
0.50	0,5																														
1.00	0,7		0,7		**Gravas y bolos con arena fina limosa.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm. La humedad aumenta en profundidad.																											
1.50																															
2.00																															
2.50																															
3.00																															
3.50																															
4.00																															
4.50																															
5.00																															

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 16/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: C-14

COORDENADAS

X: 347417 Z:

Y: 8083000

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO: Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00	0,4				**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**																											
0.50	1,3		1,3		**Arena fina media limosa beige clara con abundantes gravas y bolos.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm.																											
1.00																														
1.50																														
2.00																														
2.50																														
3.00																														
3.50																														
4.00																														
4.50																														
5.00																														

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 16/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata:

C-15

COORDENADAS

X: 347762 Z:

Y: 8083089

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO: Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00					**Arena fina media beige clara con algo de grava y bolos.**																											
0.50	0,5				**Gravas y bolos con arena fina limosa.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-45 cm. La humedad aumenta en profundidad. Presencia de raices.																											
1.00																														
1.50	1,3																													
2.00																														
2.50																														
3.00																														
3.50																														
4.00																														
4.50																														
5.00																														

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 17/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-16**

COORDENADAS

X: 348175 Z:

Y: 8085590

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO – Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO
0.00					**Gravas media fina con algo de arena fina limosa beige clara.** **(Cantera Morro)** Gravas de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm. La humedad aumenta en profundidad. Presencia de lentes de arcilla limosa duras.																											
0.50																																
1.00																																
1.50																																
2.00	2,0																															
2.50																																
3.00																																
3.50																																
4.00																																
4.50																																
5.00																																

Observaciones:

GRÁFICO DE LA CALICATA

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna

Máquina: Calicata manual

Fecha de realización: 17/01/2014

Cliente:

Geólogo redactor: Jose Luis Rubio Alvarez

Empresa de laboratorio: JMF Ingenieria & Construcción

Número de calicata: **C-17**

COORDENADAS

X: 347866 Z:

Y: 8083125

Profundidad (m)	Profundidad del techo de la capa (m)	Espesor capa (m)	Profundidad del nivel freático (m)	Columna estratigráfica	Descripción litológica	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Muestra	Ensayos realizados "in situ" Vane test (Mpa)	Penetrómetro de bolsillo (Mpa)	Permeabilidad Tipo (LE/LL/O)	Permeabilidad K (cm/s)
0.00	0,2				**Arena fina media beige clara con algo indicios de**								
0.50					**Gravas y bolos con arena fina limosa.** Gravas y bolos de naturaleza dacitica, subredondeados-subangulosos, gravas de diametro 0,02-6,4 cm, bolos de diametro 6,5-55 cm. La humedad aumenta en profundidad. Presencia de raices								
1.00	1,1												
1.50													
2.00													
2.50													
3.00													
3.50													
4.00													
4.50													
5.00													

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Analisis granulométrico por tamizado (ASTM-D422) 3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	W Humedad (%)	Lím. de Atterb. LL Límite líquido	LP Límite plástico	IP Índice de plasticid.	Clasificación del suelo SUCS	ASTO

Observaciones:

REGISTRO DE SONDEO

NÚMERO DE SONDEO
S-1

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

Coordenadas: X: 347335 Y: 8082808 Z:

Fecha:

PROFUNDIDAD 30,0 a 33,0 m

ENSAYOS LUGEON

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	86	En (m):	0,086
Profundidad del nivel piezométrico (m):	52		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	76	En (m):	0,076
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	30,00	Longitud (m):	3,00
Inferior (m):	33,00	Prof.media (m):	31,50
Duración del escalón (min.):	15	En (seg):	900

Permeabilidad (Custodio y Llamas, 1996) $K = \frac{Q}{6.28 \cdot P \cdot l} \cdot Ln \frac{l}{r}$

donde: Q, caudal. P, presión
l, longitud ensayada.
r, radio

Permeabilidad (González de Vallejo, 2002)

$$K_{U.L.} = \frac{V_{(l)}}{l_{(m)}} \cdot \frac{1000}{P_{(Kpa)}} \cdot \frac{10}{t_{(\min)}} \qquad 1.U.L = 1 \frac{l}{m \cdot \min} = 10^{-5} \frac{cm}{s}$$

Datos del ensayo

Escalones de presión efectiva. (Kpa) (2a)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m^3/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	K (m/s) (Custodio y Llamas)
100,0	0,60	42,70	15	6,67E-07	1,333E-02	3,52E-09
200,0	0,80	52,89	15	8,89E-07	1,778E-02	3,79E-09
400,0	1,20	73,29	15	1,33E-06	2,667E-02	4,10E-09
600,0	1,50	93,68	15	1,67E-06	3,333E-02	4,01E-09
800,0	1,97	114,08	15	2,19E-06	4,378E-02	4,32E-09
1000,0	2,00	134,47	15	2,22E-06	4,444E-02	3,72E-09
600,0	1,50	93,68	15	1,67E-06	3,333E-02	4,01E-09
400,0	1,10	73,29	15	1,22E-06	2,444E-02	3,76E-09
200,0	0,70	52,89	15	7,78E-07	1,556E-02	3,31E-09

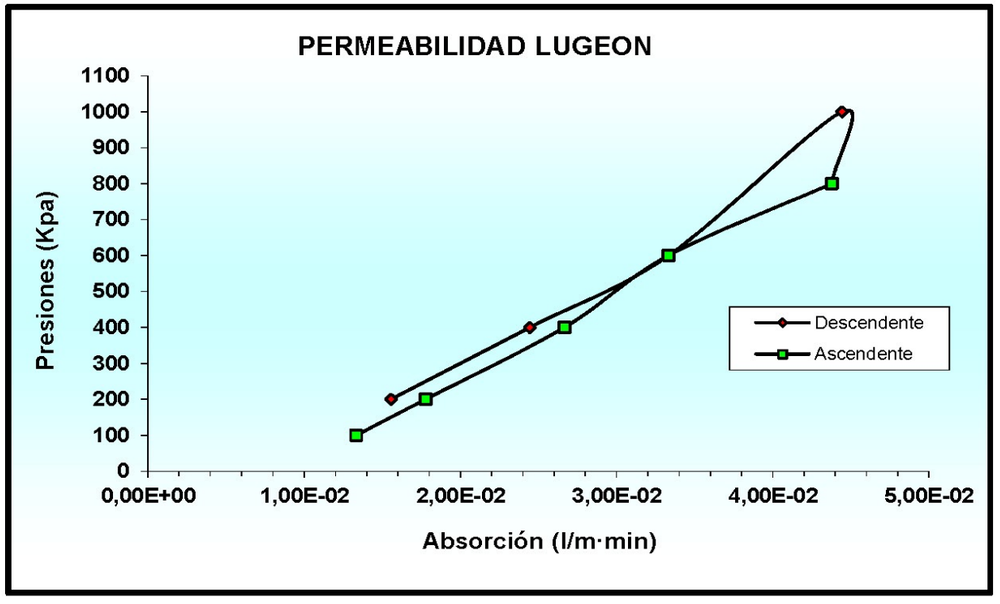
Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1,5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

Resultados

Volumen de agua inyectado a 1000 Kpa aprox., (10 bar) (l);	**2,0**
Duración del escalón, (min);	**15**
Longitud del tramo ensayado, (m):	**3,00**
Presión efectiva del escalón mayor, 1000 Kpa aprox. (Kpa);	**800,0**

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	**0,55**	**U.L.**
PERMEABILIDAD (González de Vallejo)	**5,4722E-06**	**cm/s**
PERMEABILIDAD MEDIA (Custodio y Llamas)	**3,8433E-09**	**K (m/s):**



REGISTRO DE SONDEO			NÚMERO DE SONDEO
Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna			**S-1**
Cliente:	**Técnico Geólogo:** Jose Luís Rubio Alvarez	**Coordenadas:** X: 347335 Y: 8082808 Z:	**Fecha:**

PROFUNDIDAD 49,0 a 52,0 m — **ENSAYOS LUGEON**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	86	En (m):	0,086
Profundidad del nivel piezométrico (m):	52		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	76	En (m):	0,076
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	49,00	Longitud (m):	3,00
Inferior (m):	52,00	Prof.media (m):	50,50
Duración del escalón (min.):	10	En (seg):	600

Permeabilidad (Custodio y Llamas, 1996) $K = \frac{Q}{6.28 \cdot P \cdot l} \cdot Ln \frac{l}{r}$

donde: Q, caudal. P, presión
l, longitud ensayada.
r, radio

Permeabilidad (González de Vallejo, 2002)

$$K_{U.L.} = \frac{V_{(l)}}{l_{(m)}} \cdot \frac{1000}{P_{(Kpa)}} \cdot \frac{10}{t_{(\min)}} \qquad 1.U.L = 1 \frac{l}{m \cdot \min} = 10^{-5} \frac{cm}{s}$$

Datos del ensayo

Escalones de presión efectiva. (Kpa) (2a)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m^3/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	K (m/s) (Custodio y Llamas)
100,0	15,82	61,70	10	2,64E-05	5,273E-01	9,63E-08
200,0	17,88	71,89	10	2,98E-05	5,960E-01	9,34E-08
400,0	20,55	92,29	10	3,43E-05	6,850E-01	8,36E-08
600,0	23,66	112,68	10	3,94E-05	7,887E-01	7,89E-08
800,0	25,67	133,08	10	4,28E-05	8,557E-01	7,24E-08
1000,0	26,52	153,47	10	4,42E-05	8,840E-01	6,49E-08
600,0	23,35	112,68	10	3,89E-05	7,783E-01	7,78E-08
400,0	19,99	92,29	10	3,33E-05	6,663E-01	8,13E-08
200,0	17,80	71,89	10	2,97E-05	5,933E-01	9,30E-08

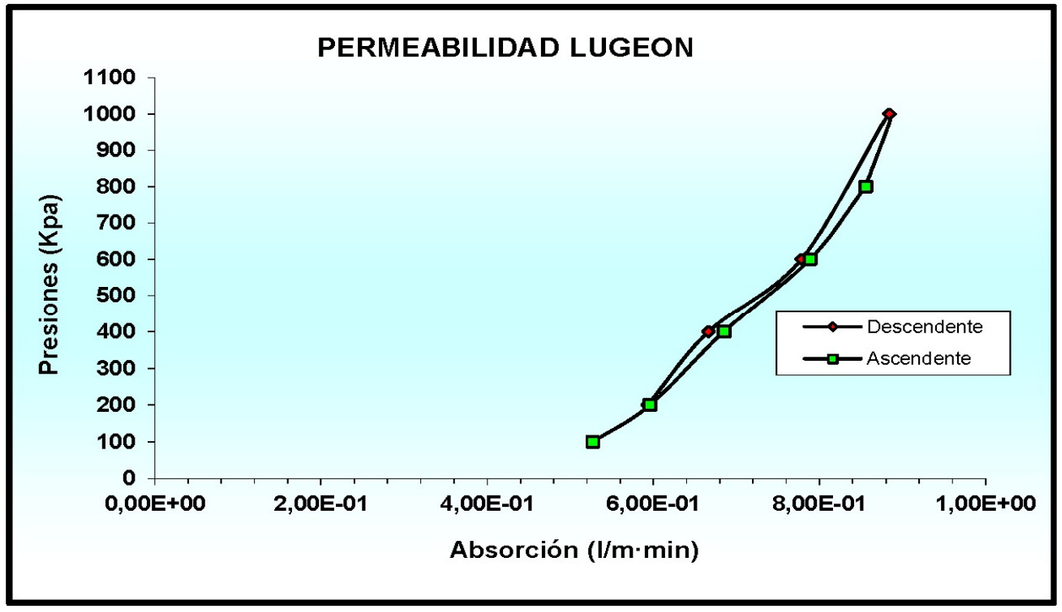
Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1,5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

Resultados

Volumen de agua inyectado a 1000 Kpa aprox., (10 bar) (l);	**25,7**
Duración del escalón, (min);	**10**
Longitud del tramo ensayado, (m):	**3,00**
Presión efectiva del escalón mayor, 1000 Kpa aprox. (Kpa);	**800,0**

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	**10,70**	**U.L.**
PERMEABILIDAD (González de Vallejo)	**1,0696E-04**	**cm/s**
PERMEABILIDAD MEDIA (Custodio y Llamas)	**8,2923E-08**	**K (m/s):**



REGISTRO DE SONDEO

NÚMERO DE SONDEO
S-2

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

Coordenadas: X: 347459 Y: 8082927 Z:

Fecha:

PROFUNDIDAD 3,0 a 7,0 m

ENSAYOS LUGEON

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	86	En (m):	0,086
Profundidad del nivel piezométrico (m):	52		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	76	En (m):	0,076
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	3,00	Longitud (m):	4,00
Inferior (m):	7,00	Prof.media (m):	5,00
Duración del escalón (min.):	10	En (seg):	600

Permeabilidad (Custodio y Llamas, 1996) $K = \frac{Q}{6.28 \cdot P \cdot l} \cdot Ln \frac{l}{r}$

donde: Q, caudal. P, presión
l, longitud ensayada.
r, radio

Permeabilidad (González de Vallejo, 2002)

$$K_{U.L.} = \frac{V_{(l)}}{l_{(m)}} \cdot \frac{1000}{P_{(Kpa)}} \cdot \frac{10}{t_{(\min)}} \qquad 1.U.L = 1\frac{l}{m \cdot \min} = 10^{-5}\frac{cm}{s}$$

Datos del ensayo

Escalones de presión efectiva. (Kpa) (2a)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m^3/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	K (m/s) (Custodio y Llamas)
100,0	19,60	16,20	10	3,27E-05	4,900E-01	3,64E-07
200,0	21,45	26,39	10	3,58E-05	5,363E-01	2,44E-07
400,0	23,76	46,79	10	3,96E-05	5,940E-01	1,53E-07
600,0	26,07	67,18	10	4,35E-05	6,518E-01	1,17E-07
800,0	28,96	87,58	10	4,83E-05	7,240E-01	9,95E-08
1000,0	30,50	107,97	10	5,08E-05	7,625E-01	8,50E-08
600,0	24,87	67,18	10	4,15E-05	6,218E-01	1,11E-07
400,0	22,90	46,79	10	3,82E-05	5,725E-01	1,47E-07
200,0	19,80	26,39	10	3,30E-05	4,950E-01	2,26E-07

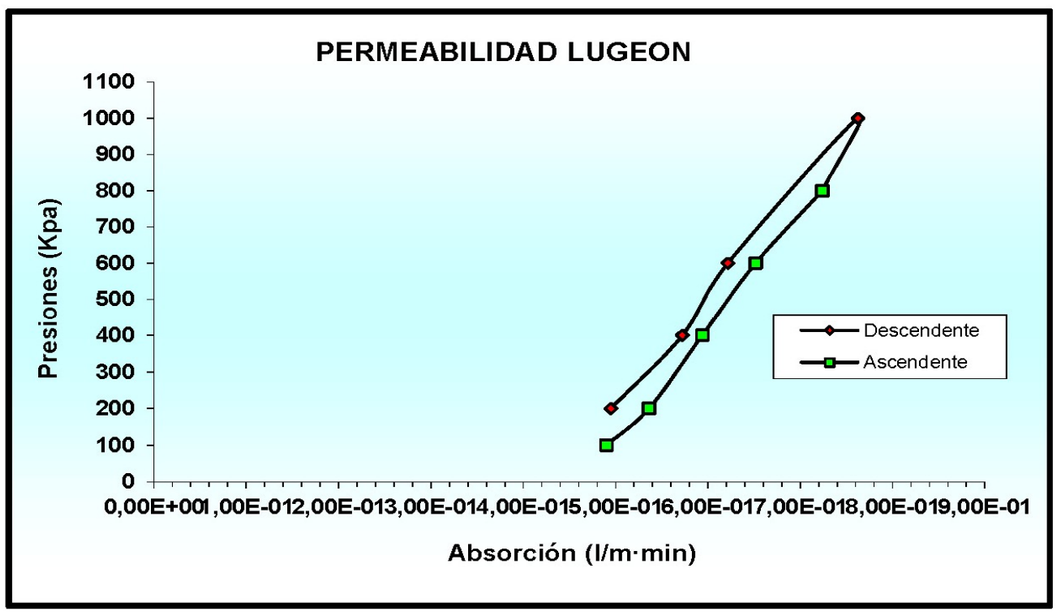
Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1,5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

Resultados

Volumen de agua inyectado a 1000 Kpa aprox., (10 bar) (l);	**29,0**
Duración del escalón, (min);	**10**
Longitud del tramo ensayado, (m):	**4,00**
Presión efectiva del escalón mayor, 1000 Kpa aprox. (Kpa);	**800,0**

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	**9,05**	**U.L.**
PERMEABILIDAD (González de Vallejo)	**9,0500E-05**	**cm/s**
PERMEABILIDAD MEDIA (Custodio y Llamas)	**1,5677E-07**	**K (m/s):**



REGISTRO DE SONDEO			NÚMERO DE SONDEO
Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna			**S-2**
Cliente:	**Técnico Geólogo:** Jose Luís Rubio Alvarez	**Coordenadas:** X: 347459 Y: 8082927 Z:	**Fecha:**

PROFUNDIDAD 22,0 a 25,0 m — **ENSAYOS LUGEON**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	86	En (m):	0,086
Profundidad del nivel piezométrico (m):	52		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	76	En (m):	0,076
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	22,00	Longitud (m):	3,00
Inferior (m):	25,00	Prof.media (m):	23,50
Duración del escalón (min.):	10	En (seg):	600

Permeabilidad (Custodio y Llamas, 1996) $K = \frac{Q}{6.28 \cdot P \cdot l} \cdot Ln \frac{l}{r}$

donde: Q, caudal. P, presión
l, longitud ensayada.
r, radio

Permeabilidad (González de Vallejo, 2002)

$$K_{U.L.} = \frac{V_{(l)}}{l_{(m)}} \cdot \frac{1000}{P_{(Kpa)}} \cdot \frac{10}{t_{(\min)}} \qquad 1.U.L = 1\frac{l}{m \cdot \min} = 10^{-5}\frac{cm}{s}$$

Datos del ensayo

Escalones de presión efectiva. (Kpa) (2a)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m^3/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	K (m/s) (Custodio y Llamas)
100,0	9,43	34,70	10	1,57E-05	3,143E-01	1,02E-07
200,0	11,05	44,89	10	1,84E-05	3,683E-01	9,24E-08
400,0	12,56	65,29	10	2,09E-05	4,187E-01	7,22E-08
600,0	13,56	85,68	10	2,26E-05	4,520E-01	5,94E-08
800,0	14,80	106,08	10	2,47E-05	4,933E-01	5,24E-08
1000,0	15,75	126,47	10	2,63E-05	5,250E-01	4,68E-08
600,0	14,50	85,68	10	2,42E-05	4,833E-01	6,36E-08
400,0	11,40	65,29	10	1,90E-05	3,800E-01	6,56E-08
200,0	10,00	44,89	10	1,67E-05	3,333E-01	8,37E-08

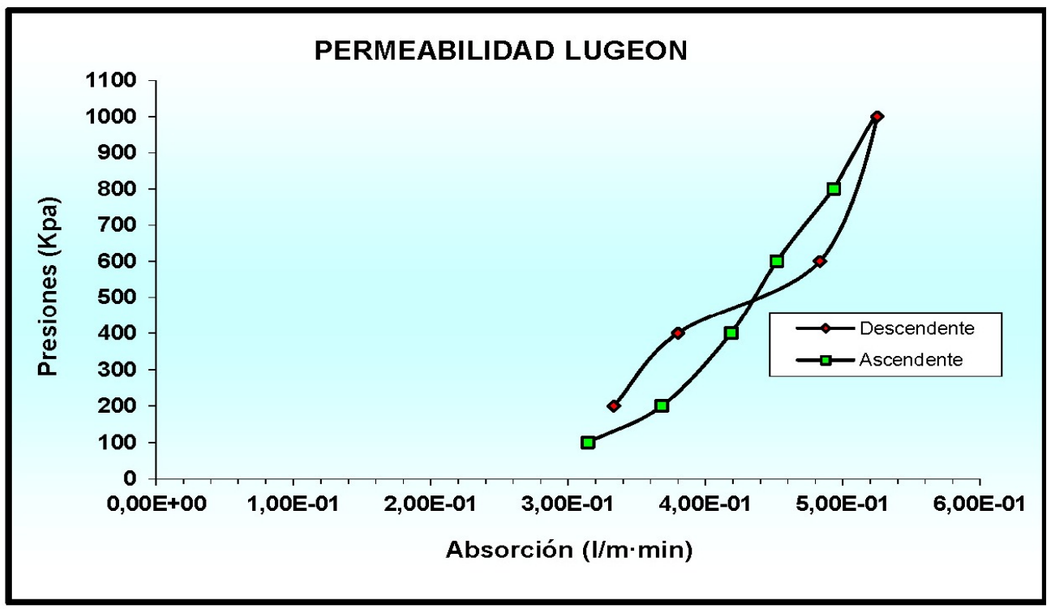
Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1,5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

Resultados

Volumen de agua inyectado a 1000 Kpa aprox., (10 bar) (l);	**14,8**
Duración del escalón, (min);	**10**
Longitud del tramo ensayado, (m):	**3,00**
Presión efectiva del escalón mayor, 1000 Kpa aprox. (Kpa);	**800,0**

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	**6,17**	**U.L.**
PERMEABILIDAD (González de Vallejo)	**6,1667E-05**	**cm/s**
PERMEABILIDAD MEDIA (Custodio y Llamas)	**6,9898E-08**	**K (m/s):**



REGISTRO DE SONDEO		NÚMERO DE SONDEO
Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna		**S-2**
Cliente:	**Técnico Geólogo:** Jose Luís Rubio Alvarez **Coordenadas:** X: 347459 Y: 8082927 Z:	**Fecha:**

PROFUNDIDAD 43,0 a 45,0 m

ENSAYOS LUGEON

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

DATOS DE CAMPO			
Diámetro del sondeo (mm):	86	En (m):	0,086
Profundidad del nivel piezométrico (m):	52		
Diámetro interior de la tubería y varillaje (mm):	76	En (m):	0,076
Altura del manómetro sobre suelo (m):	1		
Profundidad del tramo ensayado			
Superior (m):	43,00	Longitud (m):	2,00
Inferior (m):	45,00	Prof.media (m):	44,00
Duración del escalón (min.):	10	En (seg):	600

Permeabilidad (Custodio y Llamas, 1996) $K = \frac{Q}{6.28 \cdot P \cdot l} \cdot Ln \frac{l}{r}$

donde: Q, caudal. P, presión
l, longitud ensayada.
r, radio

Permeabilidad (González de Vallejo, 2002)

$$K_{U.L.} = \frac{V_{(l)}}{l_{(m)}} \cdot \frac{1000}{P_{(Kpa)}} \cdot \frac{10}{t_{(\min)}} \qquad 1.U.L = 1\frac{l}{m \cdot \min} = 10^{-5}\frac{cm}{s}$$

Datos del ensayo

Escalones de presión efectiva. (Kpa) (2a)	Volumen admitido (l)	Potencial en el tramo (m)	Duración (min)	Caudal (m^3/s)	Absorción en tramo ensayado (l/m·min)	K (m/s) (Custodio y Llamas)
100,0	18,50	55,20	10	3,08E-05	9,250E-01	1,71E-07
200,0	20,35	65,39	10	3,39E-05	1,018E+00	1,59E-07
400,0	22,90	85,79	10	3,82E-05	1,145E+00	1,36E-07
600,0	25,50	106,18	10	4,25E-05	1,275E+00	1,22E-07
800,0	28,95	126,58	10	4,83E-05	1,448E+00	1,17E-07
1000,0	30,65	146,97	10	5,11E-05	1,533E+00	1,06E-07
600,0	25,80	106,18	10	4,30E-05	1,290E+00	1,24E-07
400,0	23,50	85,79	10	3,92E-05	1,175E+00	1,40E-07
200,0	21,55	65,39	10	3,59E-05	1,078E+00	1,68E-07

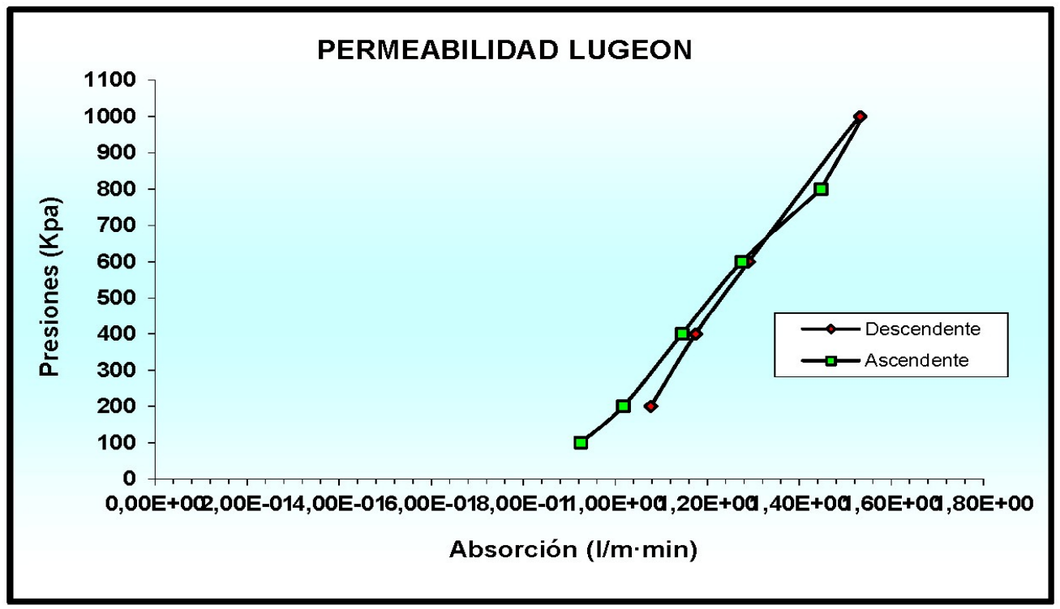
Clasificación de macizos rocosos en función de la permeabilidad (Olalla y Sopeña, 1991)

TIPO DE MACIZO	U.L.	Presión (Kpa)
Muy impermeable	0 - 1	1000
Prácticamente impermeable	1 - 3	1000
Permeable	> 3	1000
	1,5 - 6	500
Muy permeable	> 3	1000
	> 6	500

Resultados

Volumen de agua inyectado a 1000 Kpa aprox., (10 bar) (l);	**29,0**
Duración del escalón, (min);	**10**
Longitud del tramo ensayado, (m):	**2,00**
Presión efectiva del escalón mayor, 1000 Kpa aprox. (Kpa);	**800,0**

PERMEABILIDAD EN UNIDADES LUGEÓN	**18,09**	**U.L.**
PERMEABILIDAD (González de Vallejo)	**1,8094E-04**	**cm/s**
PERMEABILIDAD MEDIA (Custodio y Llamas)	**1,3782E-07**	**K (m/s):**



	ENSAYO PERMEABILIDAD EN CALICATAS			**Número de calicata:**
	PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna			**C-8, 10 y 11**
	LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya			**SUPERVISOR:**
	TIPO DE ENSAYO: Gilg-Gabard			Jose Luis Rubio Alvarez
	FECHA DE REALIZACIÓN:			
	COORDENADAS:	**X:**	**Y:**	**Z:**

CALICATA C-8

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	50
10	30
20	20
30	10
40	5
50	0

Permeabilidad K (cm)
4.50E-01

El tubo de PVC de 50 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 10 segundos

CALICATA C-10

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	50
10	46
20	43
30	40
40	38
50	36
60	34
70	32
80	30
90	28
100	27
110	26
120	25
130	24
140	23

Permeabilidad K (cm)
3.22E-02

El tubo de PVC de 50 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 10 segundos

CALICATA C-11

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	50
5	47
20	45
30	43
40	41
50	39
60	38
70	37
80	36
90	35
100	34
110	33
120	33
130	32
140	32

Permeabilidad K (cm)
2.47E-03

El tubo de PVC de 50 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 10 segundos

	ENSAYO PERMEABILIDAD EN CALICATAS			Número de calicata:
	PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna			C-13 y 15
	LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya			SUPERVISOR:
	TIPO DE ENSAYO: Gilg-Gabard			Jose Luis Rubio Alvarez
	FECHA DE REALIZACIÓN:			
	COORDENADAS:	X:	Y:	Z:

CALICATA C-13

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	30
10	27
20	24
30	22
40	21
50	20
60	19
70	18
80	17
90	17
100	16
110	16
120	15
130	15
140	14

Permeabilidad K (cm)
4.35E-03

El tubo de PVC de 30 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 10 segundos

CALICATA C-15

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	30
10	27
20	25
30	23
40	22
50	21
60	20
70	19
80	18
90	17.5
100	17
110	16.5
120	16
130	15.5
140	15

Permeabilidad K (cm)
5.72E-02

El tubo de PVC de 30 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 10 segundos

	ENSAYO PERMEABILIDAD EN CALICATAS			**Número de calicata:**
	PROYECTO: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadre - Tacna			**C-17**
	LOCALIDAD: Distrito de Ilabaya			**SUPERVISOR:**
	TIPO DE ENSAYO: Gilg-Gabard			Jose Luis Rubio Alvarez
	FECHA DE REALIZACIÓN:			
	COORDENADAS:	**X:**	**Y:**	**Z:**

CALICATA C-17

Tiempo (s)	Decenso (cms)
0	30
5	29
10	28
15	27
20	26
25	25
30	24
35	23
40	22.5
45	22
50	21.5
55	21
60	20.5
65	20
70	19.5

Permeabilidad K (cm)
3.57E-03

El tubo de PVC de 30 cm y 4 pulgadas de diametro / el tiempo de decenso fue de 05 segundos / a los 10 minutos se consumio los 30 cm de agua

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-1**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

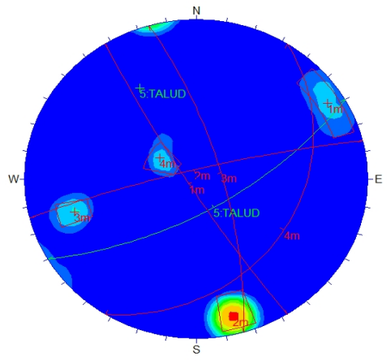
Coordenadas: X: 347264 Y: 8082906 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 67/150

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)

	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual
	I	II	III	IV	V	VI

RESISTENCIA (ISRM, 1981) (4)

	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

TIPO DE PLANO (1)

DIRECCIÓN DE BUZ. (º)

BUZAMIENTO (º)

ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)

	Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas
	< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000

CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)

RUMBO			BUZAMIENTO	
Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
< 1	1-3	3-10	10-20	>20

ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)

Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha			
					Ancha	Muy	Extrem.	Cavernas
< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10			
					≥10	10-100	100-1000	>1000

RUGOSIDAD (ISRM, 1981)

Escalonada			Ondulada			Plana			
Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	JRC
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

LITOLOGÍA (2)

ESPESOR (mm)

METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)

Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteorizada	Suelo residual
I	II	III	IV	V	VI

HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989)

Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo

RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)

Muy blanda	Débil	Firme	Rígida	Muy Rígida	Dura
<0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	>0,5
S1	S2	S3	S4	S5	S6

| LITOLOGÍA (3) | Fresca I | Lig. Meteorizada II | Mod. Met. III | Altamente Met. IV | Completamente Met. V | Suelo Residual VI | Extr. Blanda R0 | Muy blanda R1 | Blanda R2 | Moder Dura R3 | Dura R4 | Muy Dura R5 | Extrem Dura R6 | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (º) | BUZAMIENTO (º) | Extr. Juntas <20 | Muy juntas 20-60 | Juntas 60-200 | Mod. Juntas 200-600 | Separadas 600-2000 | Muy separadas 2000-6000 | Extr. Separadas >6000 | Muy Baja <1 | Baja 1-3 | Media 3-10 | Alta 10-20 | Muy Alta >20 | Muy cerrada <0,1 | Cerrada 0,1-0,25 | Parc. Abierta 0,25-0,50 | Abierta 0,50-2,50 | Mod. Abierta 2,50-10 | Ancha ≥10 | Muy ≥10 | Extrem. ≥10 | Cavernas >1000 | Escalonada Rugosa I | Escalonada Lisa II | Escalonada Pulida III | Ondulada Rugosa IV | Ondulada Lisa V | Ondulada Pulida VI | Plana Rugosa VII | Plana Lisa VIII | Plana Pulida IX | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | Fresca I | Lig. Meteorizada II | Mod. Meteorizada III | Altamente Meteorizada IV | Completamente Meteorizada V | Suelo residual VI | Seco | Ligeram húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Muy blanda S1 | Débil S2 | Firme S3 | Rígida S4 | Muy Rígida S5 | Dura S6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-2**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

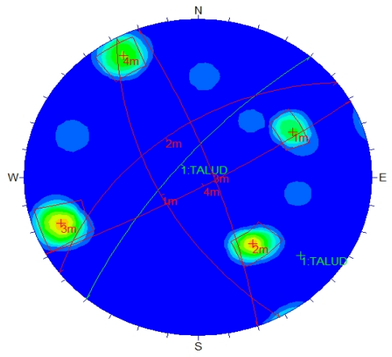
Coordenadas: X: 347341 Y: 8082831 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 310/75

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
V		X									X		
V		X									X		
V		X										X	

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-3**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

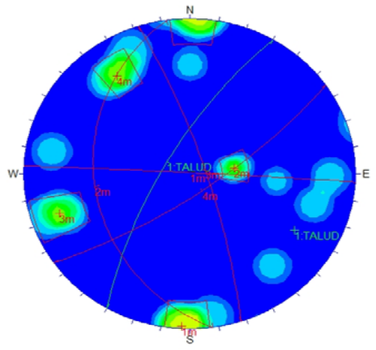
Coordenadas: X: 347360 Y: 8082857 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 300/72

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	I	II	III	IV	V	VI	0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250
V		X									X		
V		X								X			
V		X									X		

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-4**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

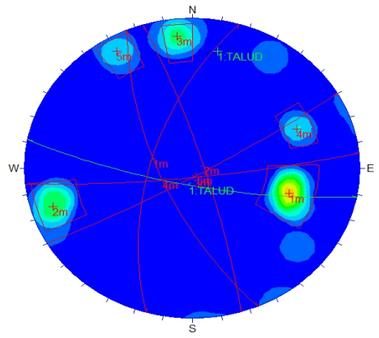
Coordenadas: X: 347461 Y: 8082921 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 77/191

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

| LITOLOGÍA (3) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | | | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (°) | BUZAMIENTO (º) | ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981) | | | | | ABERTURA (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | | RUGOSIDAD (ISRM, 1981) | | | | | | | | | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989) | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | |
|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-5**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

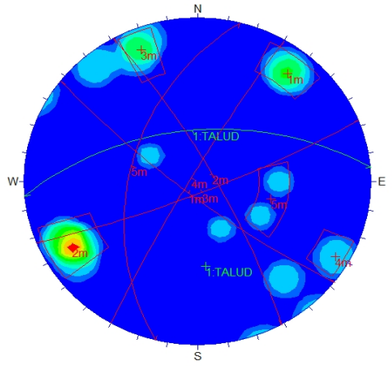
Coordenadas: X: 347555 Y: 8082900 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

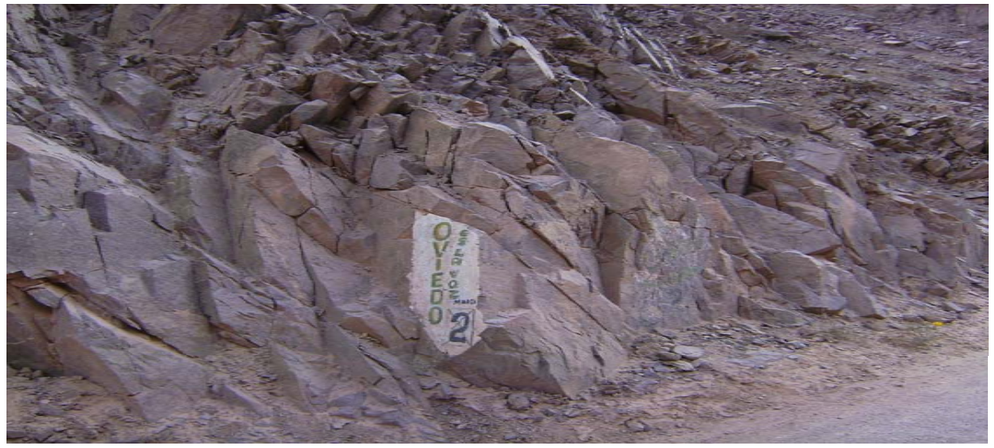
LADERA/TALUD: 55/355

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD



DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
							0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (°)	BUZAMIENTO (º)	ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)						CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)					ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)									RUGOSIDAD (ISRM, 1981)									JRC
			Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas	RUMBO: Muy Baja	RUMBO: Baja	BUZAMIENTO: Media	BUZAMIENTO: Alta	BUZAMIENTO: Muy Alta	Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha: Ancha	Ancha: Muy	Ancha: Extrem.	Ancha: Cavernas	Escalonada: Rugosa	Escalonada: Lisa	Escalonada: Pulida	Ondulada: Rugosa	Ondulada: Lisa	Ondulada: Pulida	Plana: Rugosa	Plana: Lisa	Plana: Pulida	
			< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000	< 1	1-3	3-10	10-20	>20	< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10	10-100	100-1000	>1000	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	

LITOLOGÍA (2)	ESPESOR (mm)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989)					RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
		Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteorizada	Suelo residual	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	Muy blanda	Débil	Firme	Rígida	Muy Rígida	Dura
		I	II	III	IV	V	VI						S1	S2	S3	S4	S5	S6
													< 0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	>0,5

TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (°)	BUZAMIENTO (º)	LITOLOGÍA (2)	ESPESOR (mm)	JRC
V	320	75	C	0,3	
V	65	80	C	0,3	
V	300	85			
	65	80			
	140	85	C	0,3	
	120	35	C	0,5	
	335	35	C	0,5	
	55	80			
	160	85	C	0,5	
	300	45	C	0,5	
	220	80	C	0,5	
	155	80	C	0,3	
	270	50			
	215	80	C	0,3	
	60	75	C	0,3	

LEYENDA

Tipo de plano (1)		Rellenos (2)		Litología (3)		Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)	
E	Estratificación	C	Arcillas y limos	Q	Cuarzo	Pz	Pizarras	Es	Esquistos	R0	Se puede marcar con la uña.		
S	Esquistosidad	S	Arenas	Cc	Carbonatos	Gw	Grauwacas	Bc	Biocalcarenitas	R1	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza.	S1	El puño penetra fácilmente varios cm.
J	Juntas	G	Gravas	F	Feldespatos	Ar	Areniscas	Gr	Rocas graníticas	R2	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.	S2	El dedo penetra fácilmente varios cm.
F	Fallas	B	Brechas			Cz	Calizas	V	Rocas básicas	R3	Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.	S3	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.
B	Bandeado	M	Milonitas			Ma	Mármoles			R4	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.	S4	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.
		Ox	Óxidos			Mg	Margas			R5	Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.	S5	Con cierta presión suele marcarse con la uña.
		Ma	Miner. Arcilla			D	Dolomías			R6	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.	S6	Se marca con dificultad al presionar con la uña.

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-6**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

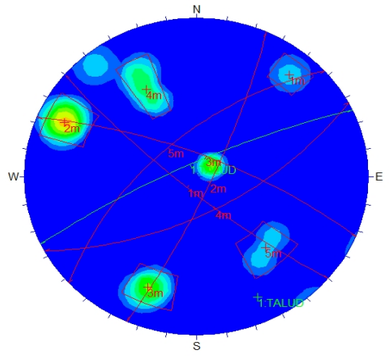
Coordenadas: X: 347787 Y: 8083039 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 80/335

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

| LITOLOGÍA (3) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | | | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (º) | BUZAMIENTO (º) | ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981) | | | | | ABERTURA (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | | RUGOSIDAD (ISRM, 1981) | | | | | | | | | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989) | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | |
|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-7**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

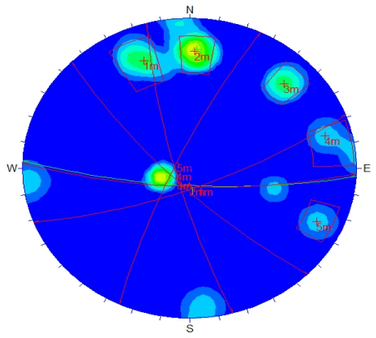
Coordenadas: X: 347869 Y: 8083161 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 77/183

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)							TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (º)	BUZAMIENTO (º)
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura			
	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6			
							0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250			
V		X										X			185	75
V		X										X			295	80
V		X										X			355	85
															178	82
															255	80
															70	25
															157	80
															225	79
															285	55
															225	75
															180	73
															185	75
															85	88
															165	70
															155	75
															75	20
															80	18
															60	20

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)							CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)						ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)									RUGOSIDAD (ISRM, 1981)									JRC
							RUMBO			BUZAMIENTO								Ancha				Escalonada			Ondulada			Plana			
Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta		Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha	Muy	Extrem.	Cavernas									
< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000	< 1	1-3	3-10	10-20	>20		< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10	10-100	100-1000	>1000	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	
																						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
		X						X	X						X											X					
		X								X	X				X											X					
		X								X	X				X											X					
				X				X	X					X																	
				X						X	X			X	X											X					
					X					X	X	X	X		X																
				X						X	X				X																
					X					X	X				X																
				X						X	X			X												X					
					X					X	X				X																
					X					X	X			X												X					
				X				X	X					X												X					
				X				X	X					X												X					
				X							X	X		X																	
				X						X	X				X											X					
					X	X																									

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

LITOLOGÍA (2)	ESPESOR (mm)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989)					RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
		Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteorizada	Suelo residual	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	Muy blanda	Débil	Firme	Rígida	Muy Rígida	Dura
		I	II	III	IV	V	VI						S1	S2	S3	S4	S5	S6
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
								X										
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
								X										
C	<1		X					X					X					
C	<1		X					X					X					
								X										
								X										
C	<1		X					X					X					
								X										
C	<1		X					X					X					
								X										

LEYENDA

Tipo de plano (1)		Rellenos (2)		Litología (3)		Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)	
E	Estratificación	**C**	Arcillas y limos	**Pz**	Pizarras	**R0**	Se puede marcar con la uña.
S	Esquistosidad	**S**	Arenas	**Gw**	Grauwacas	**R1**	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza.
J	Juntas	**G**	Gravas	**Ar**	Areniscas	**R2**	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.
F	Fallas	**B**	Brechas	**Cz**	Calizas	**R3**	Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.
B	Bandeado	**M**	Milonitas	**Ma**	Mármoles	**R4**	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.
		Ox	Óxidos	**Mg**	Margas	**R5**	Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.
		Ma	Miner. Arcilla	**D**	Dolomías	**R6**	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.
		Cc	Carbonatos	**Es**	Esquistos	**S1**	El puño penetra fácilmente varios cm.
		Q	Cuarzo	**Bc**	Biocalcarenitas	**S2**	El dedo penetra fácilmente varios cm.
		F	Feldespatos	**Gr**	Rocas graníticas	**S3**	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.
				V	Rocas básicas	**S4**	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.
						S5	Con cierta presión suele marcarse con la uña.
						S6	Se marca con dificultad al presionar con la uña.

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-8**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

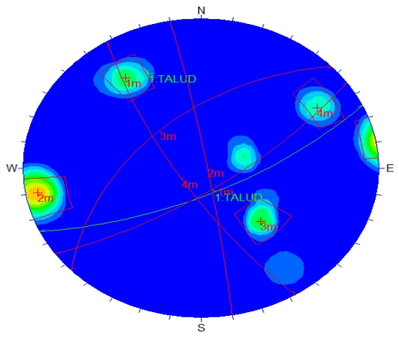
Coordenadas: X: 347735 Y: 8083136 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 70/155

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
							0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (°)	BUZAMIENTO (º)	ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)							CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)					ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)								RUGOSIDAD (ISRM, 1981)									JRC
			Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas	RUMBO		BUZAMIENTO			Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha				Escalonada			Ondulada			Plana			
										Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta						Ancha	Muy	Extrem.	Cavernas									
																				≥10												
			< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000	< 1	1-3	3-10	10-20	>20	< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10	10-100	100-1000	>1000	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	
																								I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

LITOLOGÍA (2)	ESPESOR (mm)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989)					RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)						
		Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteorizada	Suelo residual	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo	Muy blanda	Débil	Firme	Rígida	Muy Rígida	Dura
		I	II	III	IV	V	VI						S1	S2	S3	S4	S5	S6
													< 0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	>0,5

TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (°)	BUZAMIENTO (º)	LITOLOGÍA (2)	ESPESOR (mm)	JRC
V	320	55	C	<1	
V	235	30	C	<1	
V	315	50	C	<1	
	78	89			
	80	85	C	<1	
	325	78			
	240	75	C	<1	
	150	73			
	83	88	C	<1	
	260	25			
	255	30			
	75	85	C	<1	
	83	85	C	<1	
	315	50			
	235	75			
	300	45	C	<1	
	145	70	C	<1	
	140	75	C	<1	

LEYENDA

Tipo de plano (1)		*Rellenos (2)*		*Litología (3)*		*Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)*	
E	*Estratificación*	*C*	*Arcillas y limos*	*Pz*	*Pizarras*	*Es*	*Esquistos*
S	*Esquistosidad*	*S*	*Arenas*	*Gw*	*Grauwacas*	*Bc*	*Biocalcarenitas*
J	*Juntas*	*G*	*Gravas*	*Ar*	*Areniscas*	*Gr*	*Rocas graníticas*
F	*Fallas*	*B*	*Brechas*	*Cz*	*Calizas*	*V*	*Rocas básicas*
B	*Bandeado*	*M*	*Milonitas*	*Ma*	*Mármoles*		
		Ox	*Óxidos*	*Mg*	*Margas*		
		Ma	*Miner. Arcilla*	*D*	*Dolomías*		

R0	*Se puede marcar con la uña.*		
R1	*Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza.*	*S1*	*El puño penetra fácilmente varios cm.*
R2	*Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.*	*S2*	*El dedo penetra fácilmente varios cm.*
R3	*Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.*	*S3*	*Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.*
R4	*Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.*	*S4*	*Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.*
R5	*Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.*	*S5*	*Con cierta presión suele marcarse con la uña.*
R6	*Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.*	*S6*	*Se marca con dificultad al presionar con la uña.*

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-9**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

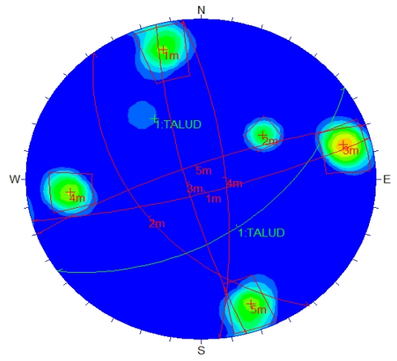
Coordenadas: X: 347695 Y: 8083082 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 50/145

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)	METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)						RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)							TIPO DE PLANO (1)	DIRECCIÓN DE BUZ. (°)	BUZAMIENTO (º)
	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura			
	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6			
V		X									X				255	80
V		X										X			250	78
V		X										X			260	83
															255	80
															257	80
															235	50
															230	50
															230	45
															140	55
															85	75
															80	70
															87	77
															83	75
															340	80
															340	83
															345	80
															335	75
															165	85
															160	75
															170	80
															165	80

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)							CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)						ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)								RUGOSIDAD (ISRM, 1981)									JRC
							RUMBO			BUZAMIENTO									Ancha				Escalonada			Ondulada			Plana			
Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha	Muy	Extrem.	Cavernas	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	
< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000	< 1	1-3	3-10	10-20	>20	< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10	10-100	100-1000	>1000	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
		X						X	X					X													X			
		X						X	X					X											X					
		X						X	X						X										X					
		X								X	X				X															
			X					X	X					X																
		X								X	X														X					
			X					X	X					X													X			
		X								X	X				X															
			X					X	X						X															
		X						X	X					X													X			
				X				X	X					X																
		X						X	X						X											

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-9B**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

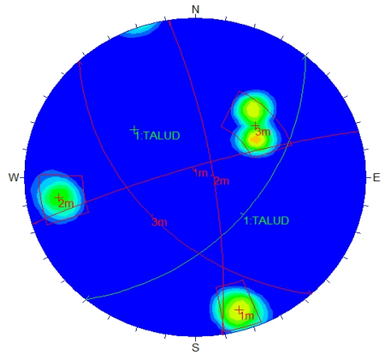
Coordenadas: X: 347667 Y: 8083041 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 50/130

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

| LITOLOGÍA (3) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | | | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (°) | BUZAMIENTO (º) | ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981) | | | | | ABERTURA (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | | RUGOSIDAD (ISRM, 1981) | | | | | | | | | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989) | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | |
|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-10**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

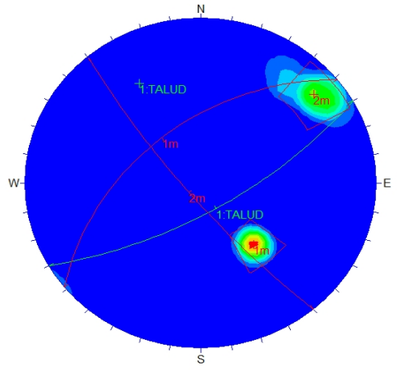
Coordenadas: X: 347532 Y: 8082995 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 70/150

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

| LITOLOGÍA (3) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | | | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (°) | BUZAMIENTO (º) | ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981) | | | | | ABERTURA (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | | RUGOSIDAD (ISRM, 1981) | | | | | | | | | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989) | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | |
|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-11**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

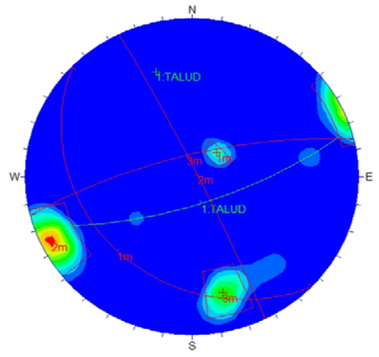
Coordenadas: X: 347347 Y: 8082950 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 70/162

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA / **CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO** / **CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO**

| LITOLOGÍA (3) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | | | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (º) | BUZAMIENTO (º) | ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981) | | | | | | CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981) | | | | | ABERTURA (mm) (ISRM, 1981) | | | | | RUGOSIDAD (ISRM, 1981) | | | | | | | | | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | METEORIZACIÓN (ISRM, 1981) | | | | | | HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989) | | | | | RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4) | | | | | |
|---|---|---

REGISTRO DE ESTACION GEOMECANICA

Nº Estación Geomecánica: **EG-13**

Proyecto: Instalación de un sistema de almacenamiento y regulación de aguas en la Quebrada Kullku para mejoramiento de áreas agrícolas de Ilabaya. Distrito de Ilabaya - Jorge Basadra - Tacna

Cliente:

Técnico Geólogo: Jose Luís Rubio Alvarez

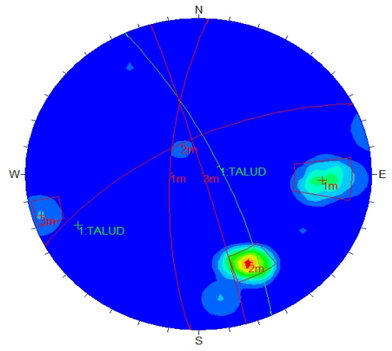
Coordenadas: X: 347406 Y: 8083126 Z:

Fecha: 14 de enero de 2014

LADERA/TALUD: 75/65

PROYECCION ESTEREOGRAFICA

Discontinuidades y orientación del talud



FOTOGRAFIA DEL TALUD

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

LITOLOGÍA (3)

	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Met.	Altamente Met.	Completamente Met.	Suelo Residual
	I	II	III	IV	V	VI

RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)

	Extr. Blanda	Muy blanda	Blanda	Moder Dura	Dura	Muy Dura	Extrem Dura
	0,25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

TIPO DE PLANO (1)

DIRECCIÓN DE BUZ. (°)

BUZAMIENTO (º)

ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)

	Extr. Juntas	Muy juntas	Juntas	Mod. Juntas	Separadas	Muy separadas	Extr. Separadas
	< 20	20-60	60-200	200-600	600-2000	2000-6000	>6000

CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)

RUMBO			BUZAMIENTO	
Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
< 1	1-3	3-10	10-20	>20

ABERTURA (mm) (ISRM, 1981)

					Ancha			
Muy cerrada	Cerrada	Parc. Abierta	Abierta	Mod. Abierta	Ancha	Muy	Extrem.	Cavernas
< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-2,50	2,50-10	≥10			
					≥10	10-100	100-1000	>1000

RUGOSIDAD (ISRM, 1981)

Escalonada			Ondulada			Plana			
Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	Rugosa	Lisa	Pulida	JRC
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	

CARACTERIZACIÓN DEL RELLENO

LITOLOGÍA (2)

ESPESOR (mm)

METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)

	Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteorizada	Suelo residual
	I	II	III	IV	V	VI

HUMEDAD (%) (Bieniawski, 1989)

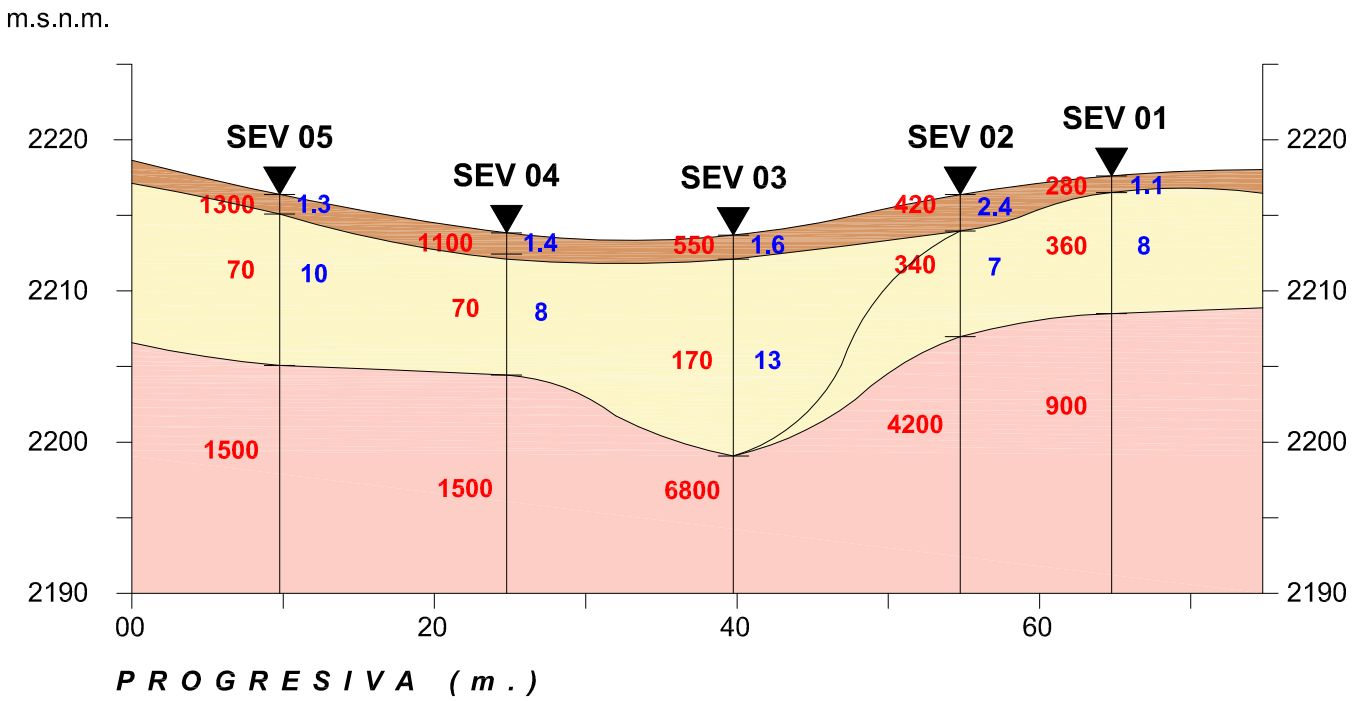
	Seco	Ligeram húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo

RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)

	Muy blanda	Débil	Firme	Rígida	Muy Rígida	Dura
	< 0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	>0,5
	S1	S2	S3	S4	S5	S6

| LITOLOGÍA (3) | Fresca I | Lig. Meteorizada II | Mod. Met. III | Altamente Met. IV | Completamente Met. V | Suelo Residual VI | Extr. Blanda R0 | Muy blanda R1 | Blanda R2 | Moder Dura R3 | Dura R4 | Muy Dura R5 | Extrem Dura R6 | TIPO DE PLANO (1) | DIRECCIÓN DE BUZ. (°) | BUZAMIENTO (º) | Extr. Juntas < 20 | Muy juntas 20-60 | Juntas 60-200 | Mod. Juntas 200-600 | Separadas 600-2000 | Muy separadas 2000-6000 | Extr. Separadas >6000 | Muy Baja < 1 | Baja 1-3 | Media 3-10 | Alta 10-20 | Muy Alta >20 | Muy cerrada < 0,1 | Cerrada 0,1-0,25 | Parc. Abierta 0,25-0,50 | Abierta 0,50-2,50 | Mod. Abierta 2,50-10 | Ancha ≥10 | Muy ≥10 10-100 | Extrem. ≥10 100-1000 | Cavernas ≥10 >1000 | Escalonada Rugosa I | Escalonada Lisa II | Escalonada Pulida III | Ondulada Rugosa IV | Ondulada Lisa V | Ondulada Pulida VI | Plana Rugosa VII | Plana Lisa VIII | Plana Pulida IX | JRC | LITOLOGÍA (2) | ESPESOR (mm) | Fresca I | Lig. Meteorizada II | Mod. Meteorizada III | Altamente Meteorizada IV | Completamente Meteorizada V | Suelo residual VI | Seco | Ligeram húmedo | Húmedo | Goteando | Agua fluyendo | Muy blanda S1 | Débil S2 | Firme S3 | Rígida S4 | Muy Rígida S5 | Dura S6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---

SECCIÓN GEORESISTIVA A - A'



LEYENDA

- SEV 00 — SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- 100 — RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
- 100 — ESPESOR (m.)
- SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
- SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
- ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

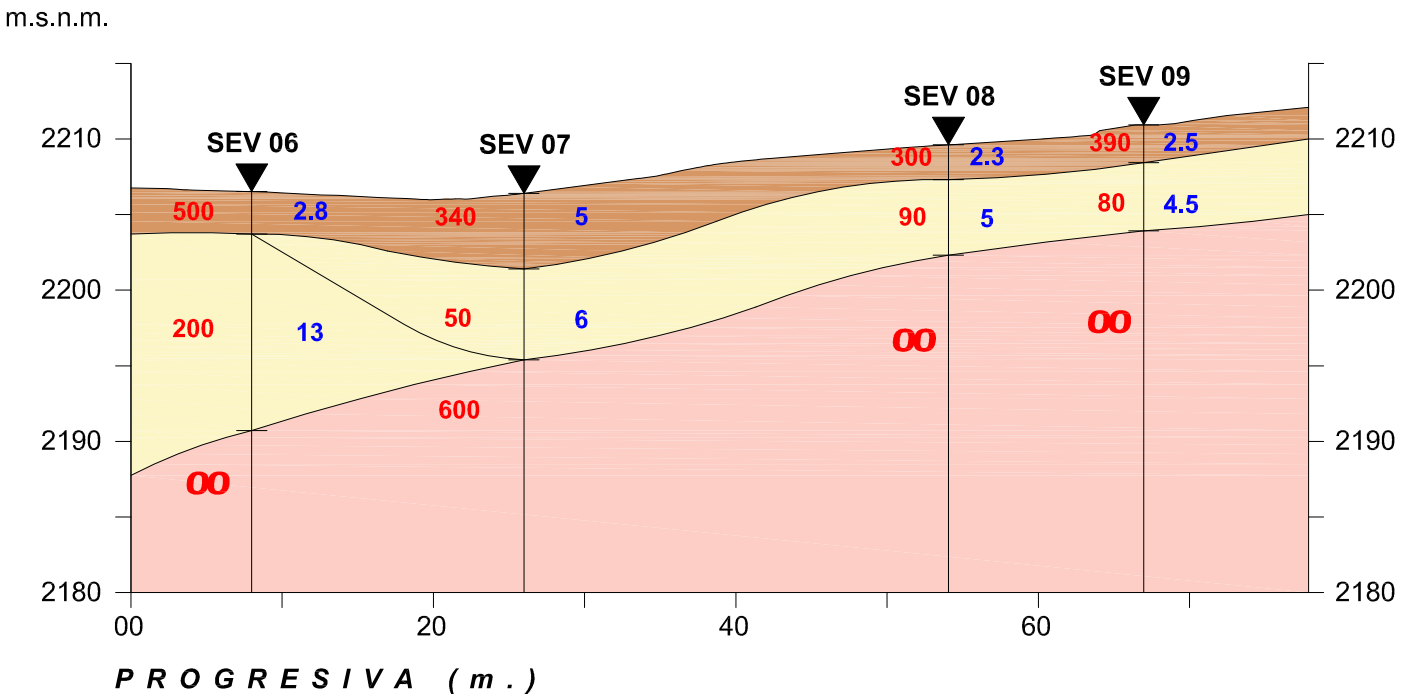
HC & ASOCIADOS S.R.L.

SECCION GEOELECTRICA A-A'

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.1

Fecha : Marzo - 2013	Escala : 1 / 500	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA B - B'



LEYENDA

- SEV 00 — SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- 100 — RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
- 100 — ESPESOR (m.)
- SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
- SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
- ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

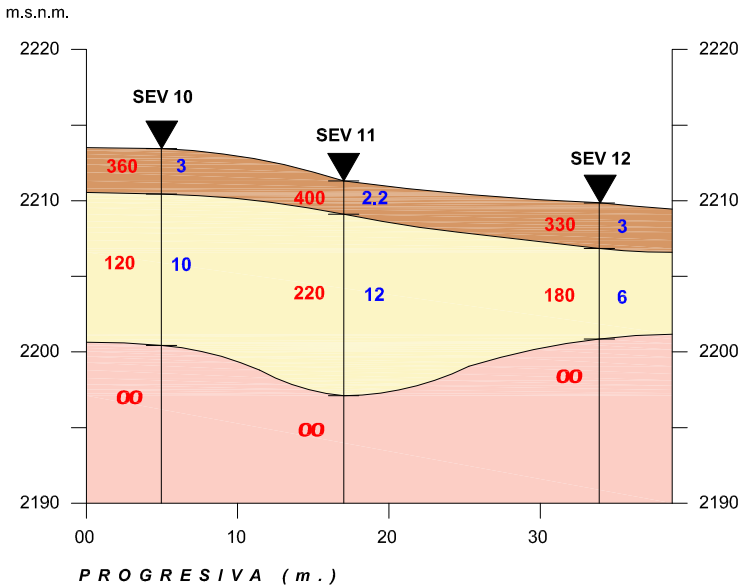
SECCION GEOELECTRICA B-B'

HC & ASOCIADOS S.R.L.

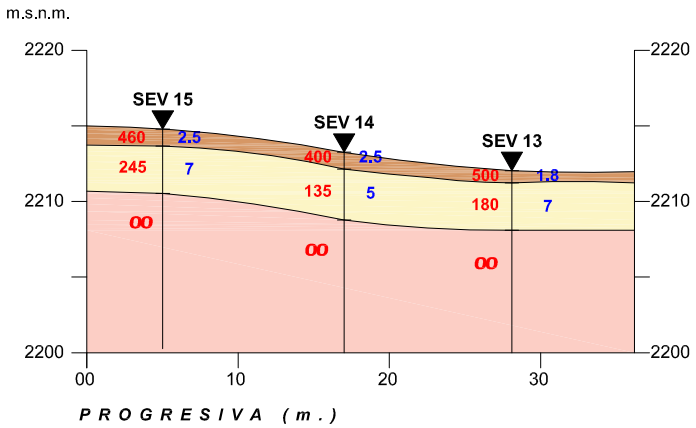
Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.2

Fecha : Enero - 2014	Escala : 1 / 500	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA C - C'



SECCIÓN GEORESISTIVA D - D'



LEYENDA

SEV 00	SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
100	RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
100	ESPESOR (m.)
	SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
	SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
	ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

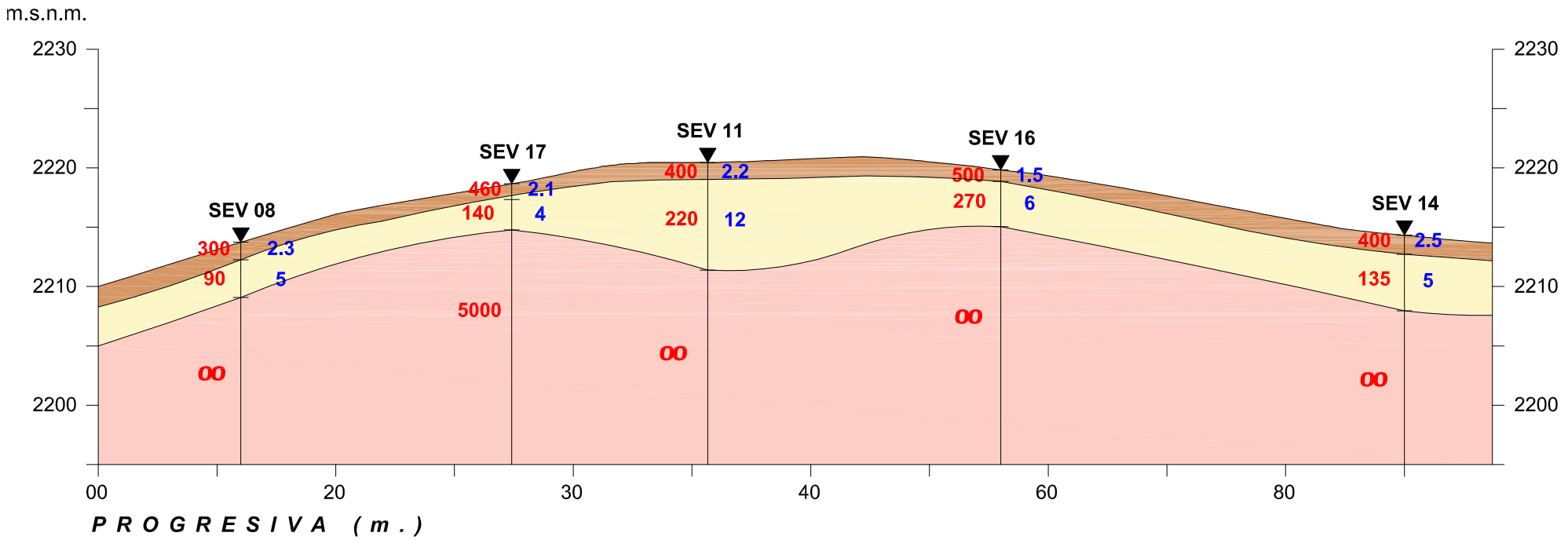
SECCION GEOELECTRICA C-C' y D-D'

HC & ASOCIADOS S.R.L.

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.3

Fecha : Enero - 2014	Escala : 1 / 500	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA E - E'



LEYENDA

- SEV 00 — SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- 100 — RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
- 100 — ESPESOR (m.)
- SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
- SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
- ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

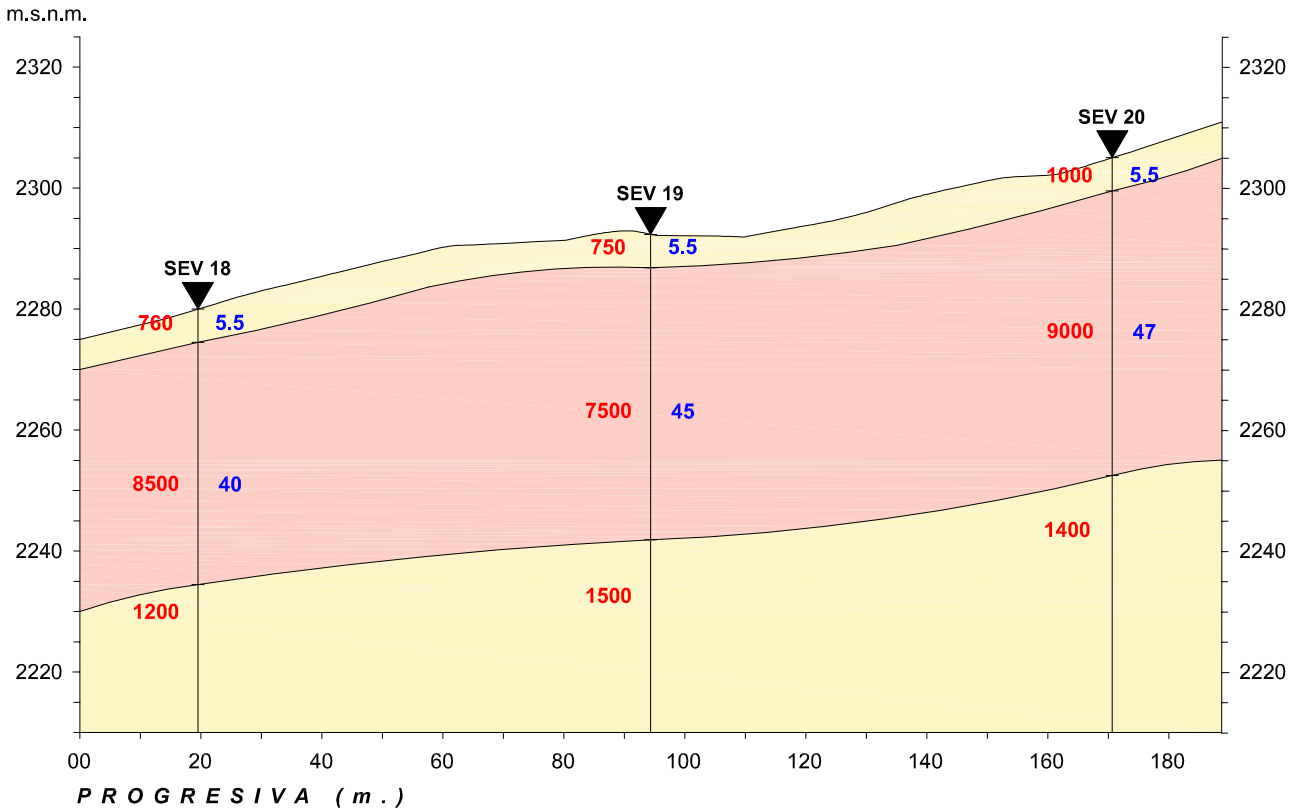
INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

SECCION GEOELECTRICA E-E'

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.4

Fecha : Enero - 2014	Escala : 1 / 500	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA F - F'



LEYENDA

SEV 00 ▼	SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
100	RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
100	ESPESOR (m.)
	SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
	SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
	ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

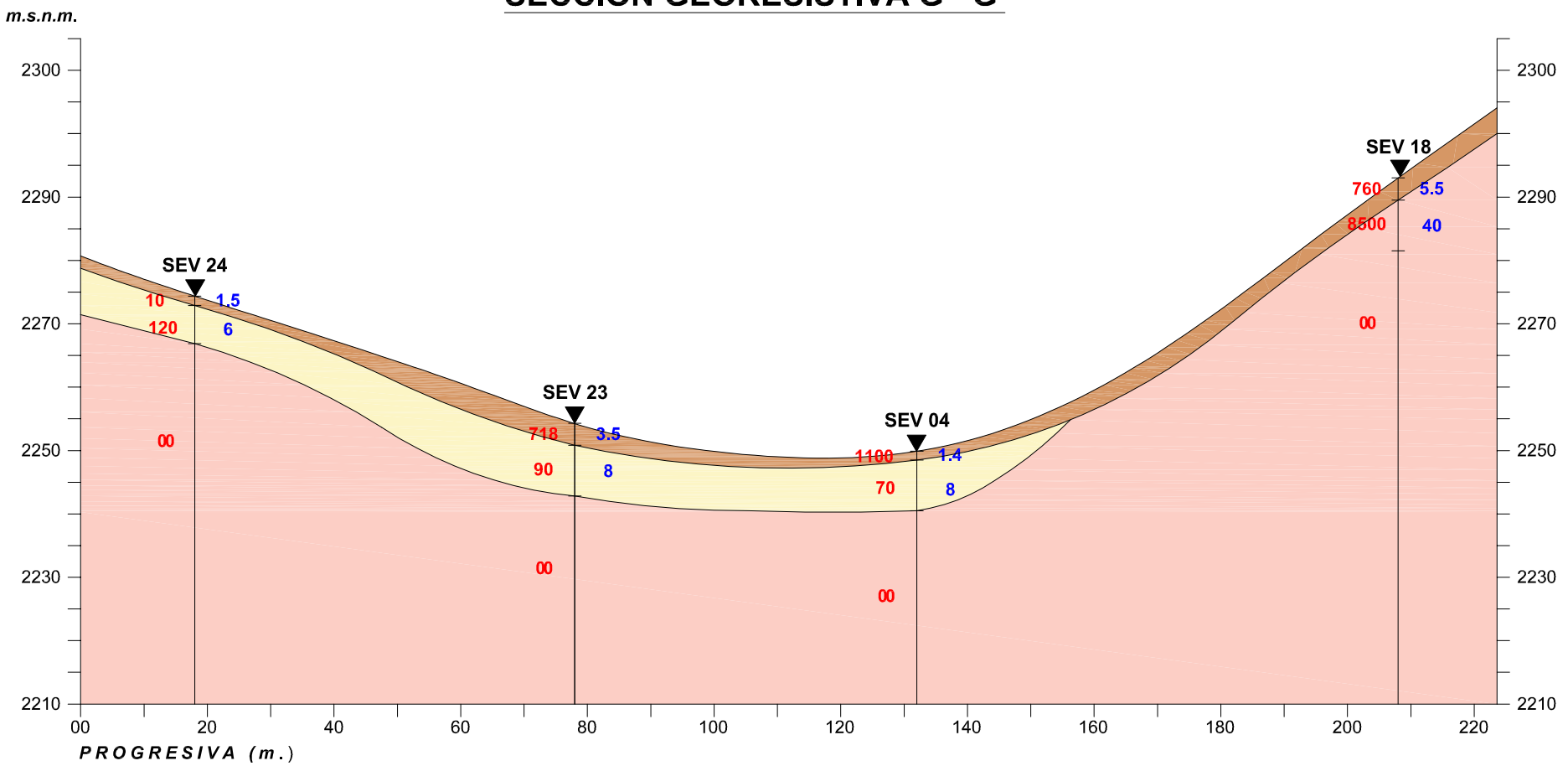
SECCION GEOELECTRICA F-F'

HC & ASOCIADOS S.R.L.

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.5

Fecha : Enero - 2014	Escala : 1 / 1,250	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA G - G'



LEYENDA

- SEV 00 — SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- 100 — RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
- 100 — ESPESOR (m.)
- SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
- SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
- ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

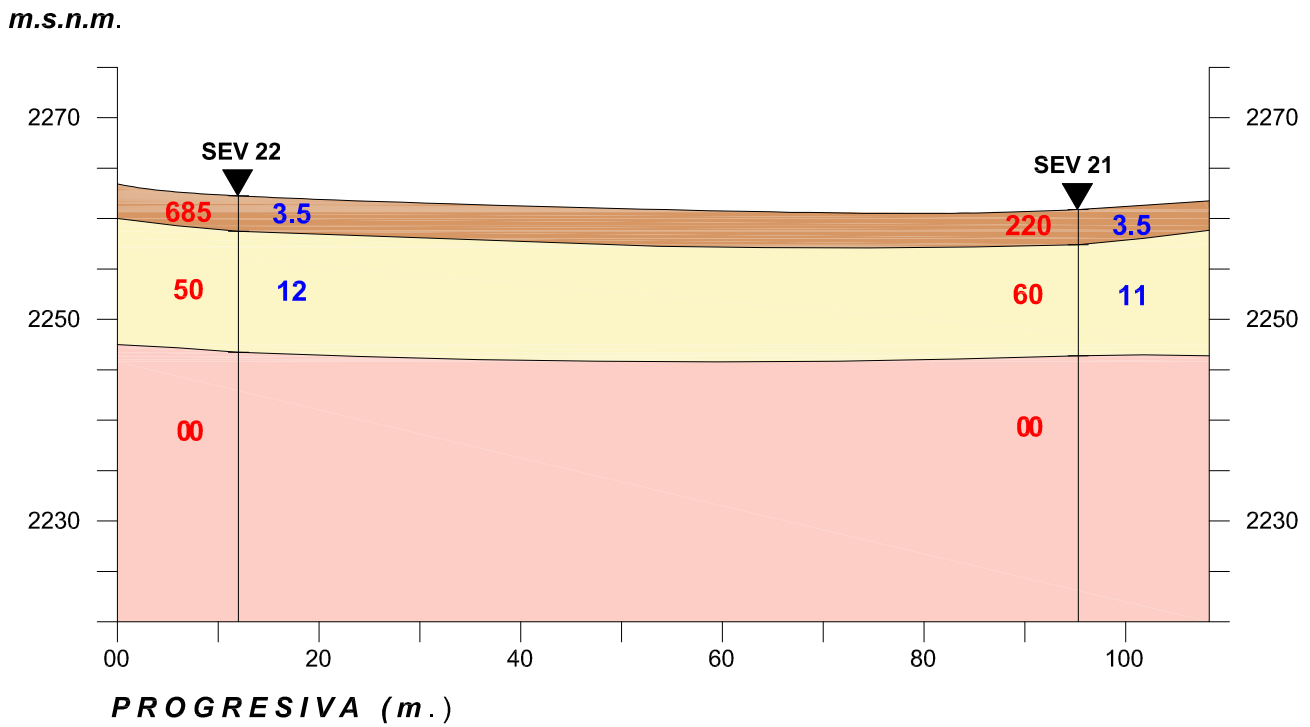
SECCION GEOELECTRICA G-G'

HC & ASOCIADOS S.R.L.

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.6

Fecha :Enero - 2014	Escala : 1 / 1,000	Formato : A - 4

SECCIÓN GEORESISTIVA H - H'



LEYENDA

- SEV 00 — SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- 100 — RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
- 100 — ESPESOR (m.)
- SEDIMENTOS FLUVIO - ALUVIALES
- SEDIMENTOS FLUVIO ALUVIALES Y/O ROCA ALTERADA SATURADA
- ROCA ANDESITICA

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ILABAYA

INVESTIGACION GEOFISICA POR REFRACCION SÍSMICA, Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES REPRESA KULLKO

SECION GEOELECTRICA H-H'

HC & ASOCIADOS S.R.L.

Dibujado por:	Revisado y aprobado por:	Ilustracion N°:
R. Quispe N.	Ing. J. Barriga G.	4.7

Fecha : Enero - 2014	Escala : 1 / 750	Formato : A - 4

HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS · SUPERVISION · ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 01

OPERADOR:	**B. P. M.**	INTERPRET:	**J. B. G.**	UBICACIÓN:	**ILAVAYA**		
ESTE:	**347410**	NORTE:	**8083025**	ALTITUD:	**2251**	FECHA:	**08/01/2014**

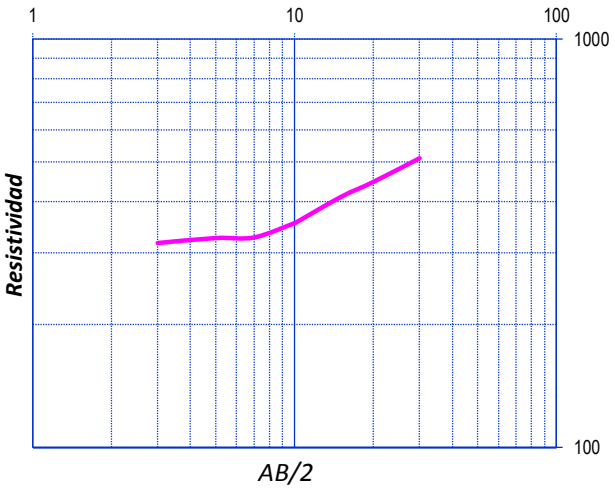
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	451.9	25.2	316.9
5	1.5	51.2	179.6	28.2	326.0
7	1.5	101.4	82.2	25.5	327.0
10	1.5	208.3	139.6	82.0	354.6
10	5.0	58.9	502.0	91.5	354.2
15	5.0	137.4	286.3	95.8	410.8
20	5.0	247.4	217.7	120.4	447.3
30	5.0	561.6	7.1	7.8	511.2
30	15.0	176.7			
40	15.0	323.3			
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

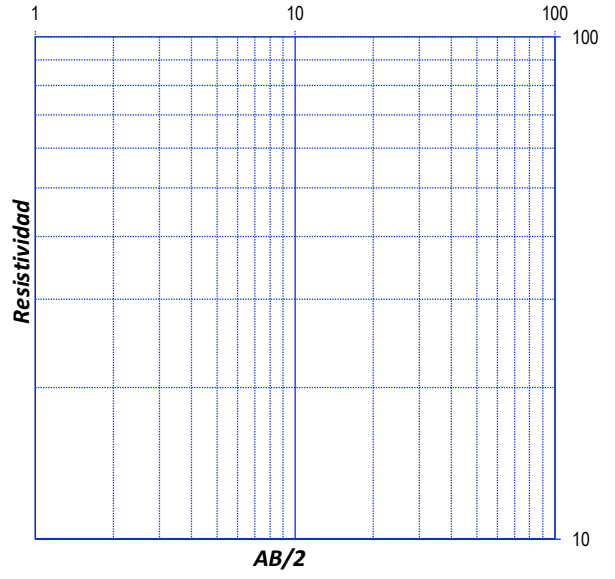
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 01

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 02

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347420	NORTE:	8083013	ALTITUD:	2250	FECHA:	08/01/2014

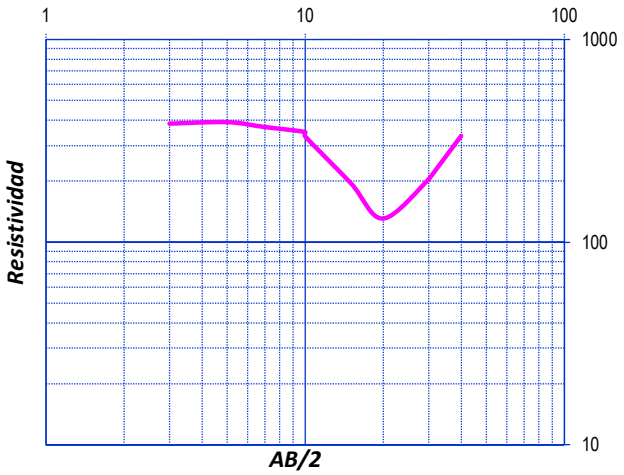
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	361.1	16.6	384.4
5	1.5	51.2	312.4	40.9	390.9
7	1.5	101.4	548.5	150.5	369.7
10	1.5	208.3	64.6	38.5	349.4
10	5.0	58.9	150.4	26.6	333.1
15	5.0	137.4	40.6	28.5	195.8
20	5.0	247.4	86.1	162.9	130.8
30	5.0	561.6	53.3	146.7	204.0
30	15.0	176.7	214.9	228.5	204.0
40	15.0	323.3	33.5	32.4	334.3
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

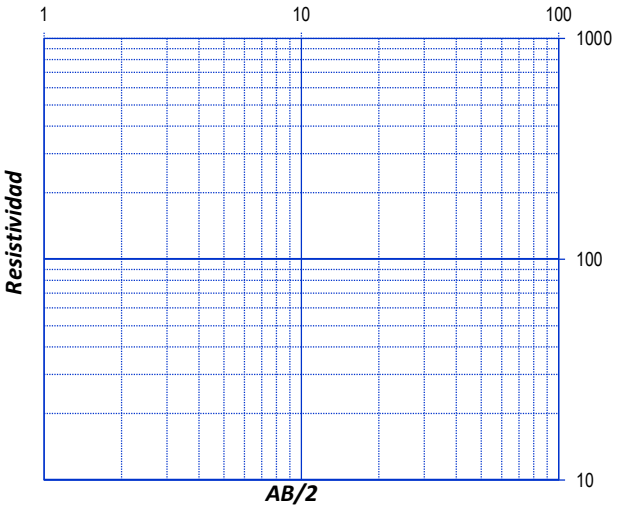
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 02

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 03

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347431	NORTE:	8083002	ALTITUD:	2252	FECHA:	08/01/2014

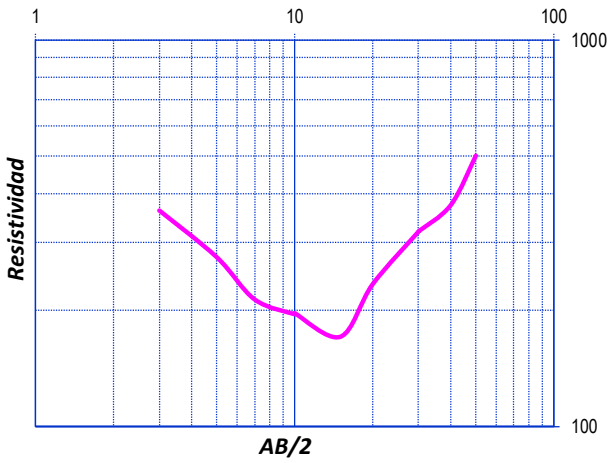
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	544.9	26.6	362.0
5	1.5	51.2	55.7	10.4	274.1
7	1.5	101.4	84.9	40.4	213.2
10	1.5	208.3	70.5	75.2	195.2
10	5.0	58.9	149.7	44.9	196.4
15	5.0	137.4	8.2	6.6	170.8
20	5.0	247.4	1.7	1.8	233.7
30	5.0	561.6	12.1	21.3	319.0
30	15.0	176.7	37.8	20.9	319.6
40	15.0	323.3	51.8	44.8	373.8
50	15.0	511.8	5.0	5.1	501.8
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

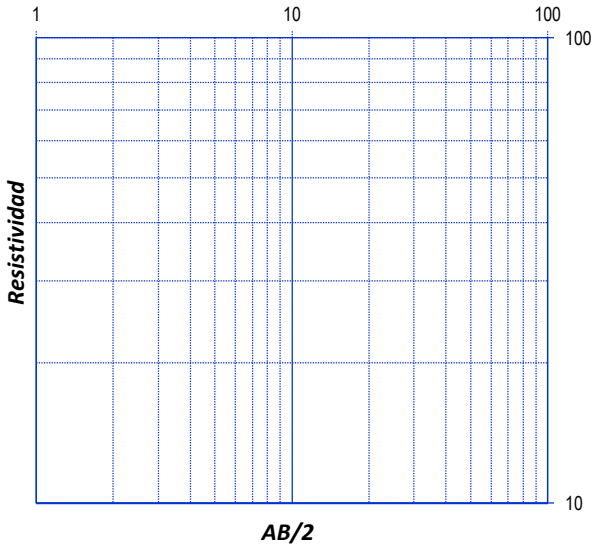
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 03

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 04

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347439	NORTE:	8082994	ALTITUD:	22449	FECHA:	08/01/2014

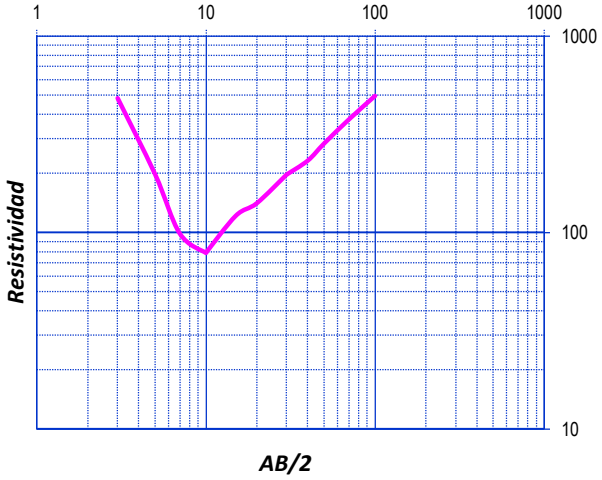
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	16.4	0.6	483.0
5	1.5	51.2	166.2	43.0	197.8
7	1.5	101.4	14.9	15.3	98.8
10	1.5	208.3	24.5	64.8	78.7
10	5.0	58.9	75.6	56.4	79.0
15	5.0	137.4	32.5	36.7	121.7
20	5.0	247.4	34.0	59.6	141.1
30	5.0	561.6	50.1	121.6	197.4
30	15.0	176.7	105.0	94.0	197.4
40	15.0	323.3	2.3	3.2	232.4
50	15.0	511.8	11.1	20.0	284.1
70	15.0	1014.5	3.3	8.9	376.2
100	15.0	2082.6	10.5	44.1	495.9

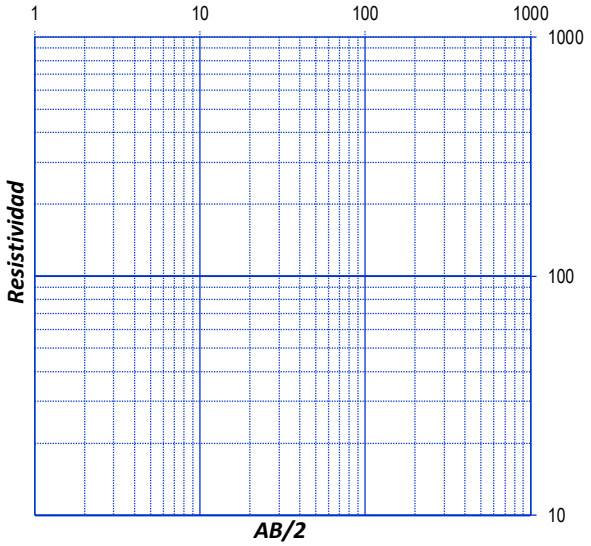
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 04

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 05

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347451	NORTE:	8082988	ALTITUD:	2250	FECHA:	08/01/2014

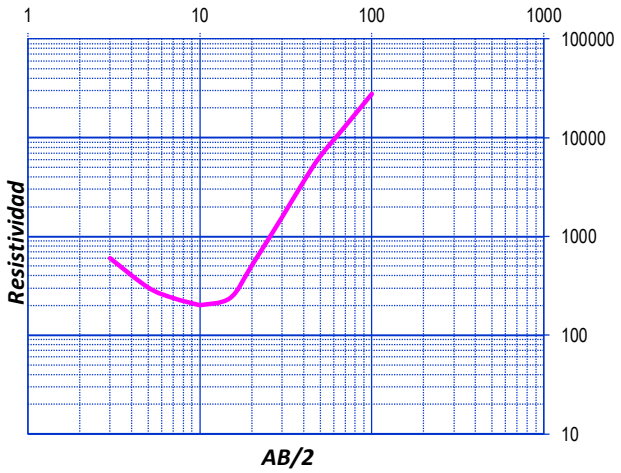
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	177.1	5.2	601.9
5	1.5	51.2	194.8	32.8	304.0
7	1.5	101.4	48.0	20.5	237.5
10	1.5	208.3	63.3	65.6	201.0
10	5.0	58.9	172.8	50.6	201.2
15	5.0	137.4	19.9	11.5	237.8
20	5.0	247.4	20.4	10.0	504.7
30	5.0	561.6	5.2	1.4	1558.3
30	15.0	176.7	9.7	1.1	1558.3
40	15.0	323.3	114.8	10.4	3569.0
50	15.0	511.8	70.6	5.6	6452.6
70	15.0	1014.5	61.8	4.8	13061.4
100	15.0	2082.6	70.7	5.3	27781.4

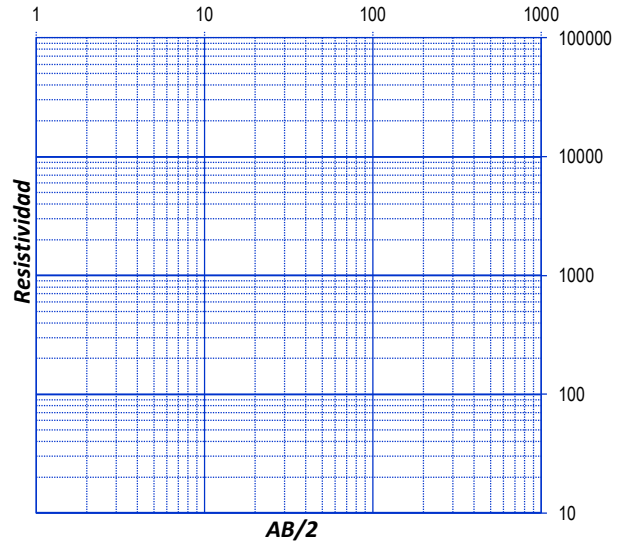
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 05

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 06

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347435	NORTE:	8082985	ALTITUD:	2248	FECHA:	08/01/2014

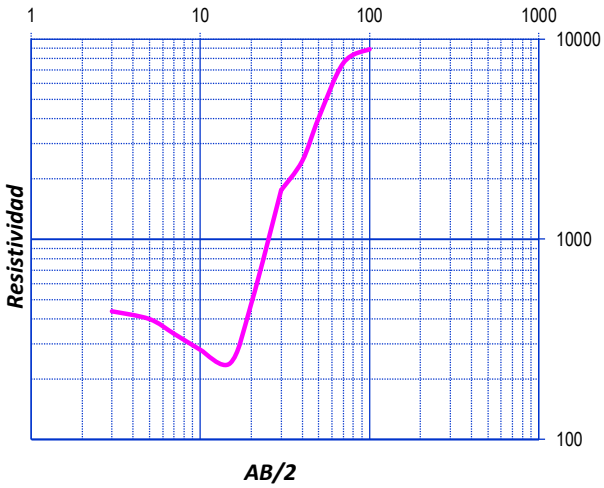
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	160.3	6.5	436.0
5	1.5	51.2	58.4	7.5	398.8
7	1.5	101.4	41.4	12.5	336.3
10	1.5	208.3	34.3	25.6	279.7
10	5.0	58.9	109.6	23.1	279.7
15	5.0	137.4	18.3	10.5	240.0
20	5.0	247.4	18.9	9.8	477.6
30	5.0	561.6	23.7	7.6	1755.7
30	15.0	176.7	83.4	8.4	1755.7
40	15.0	323.3	194.6	25.6	2457.8
50	15.0	511.8	124.3	15.8	4028.4
70	15.0	1014.5	48.5	6.5	7582.4
100	15.0	2082.6	17.9	4.2	8889.3

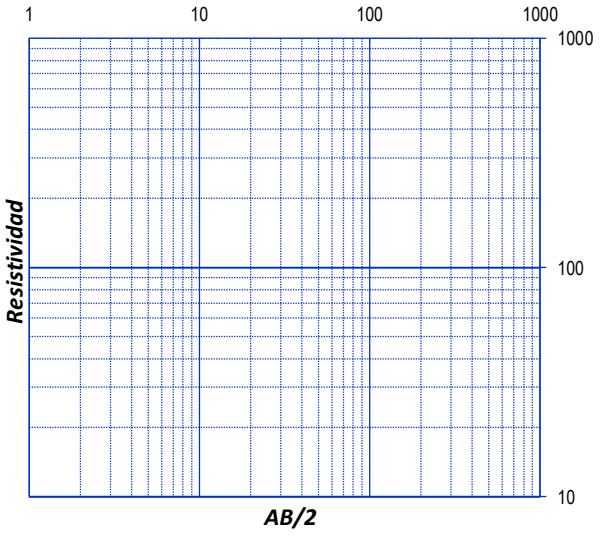
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 06

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 07

OPERADOR:	**B. P. M.**	INTERPRET:	**J. B. G.**	UBICACIÓN:	**ILAVAYA**		
ESTE:	**347417**	NORTE:	**8082986**	ALTITUD:	**2248**	FECHA:	**08/01/2014**

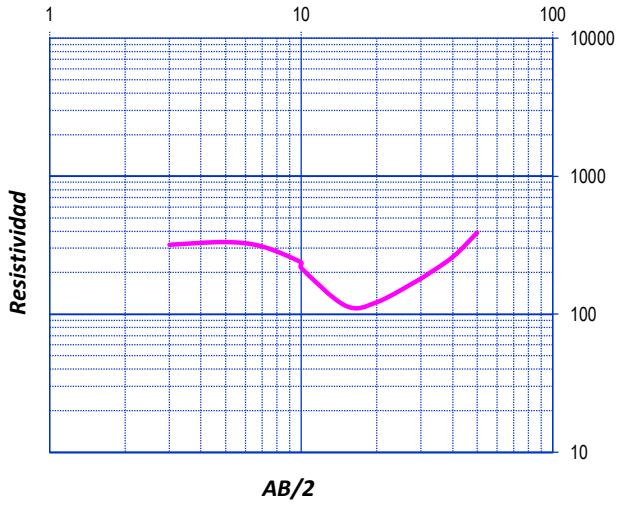
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	185.6	10.3	318.4
5	1.5	51.2	391.9	60.2	333.2
7	1.5	101.4	102.2	33.5	309.5
10	1.5	208.3	33.9	30.3	237.7
10	5.0	58.9	112.3	30.5	216.9
15	5.0	137.4	79.9	95.2	115.4
20	5.0	247.4	52.7	106.6	122.3
30	5.0	561.6	3.3	10.2	181.7
30	15.0	176.7	9.2	9.4	181.7
40	15.0	323.3	29.2	36.4	259.4
50	15.0	511.8	1.9	2.5	389.0
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

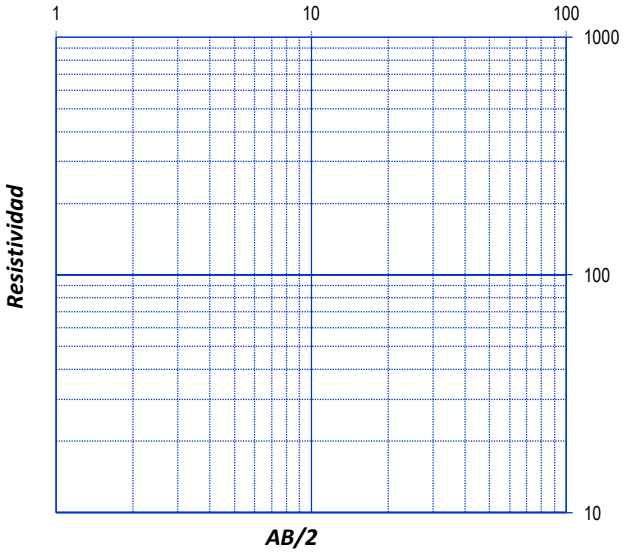
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 07

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS • SUPERVISION • ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 08

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347390	NORTE:	8082990	ALTITUD:	2248	FECHA:	08/01/2014

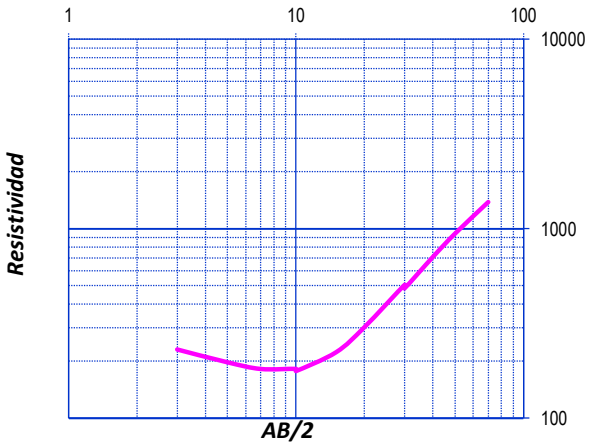
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	95.3	7.3	230.7
5	1.5	51.2	18.5	4.8	197.3
7	1.5	101.4	22.6	12.6	182.0
10	1.5	208.3	6.3	7.2	182.2
10	5.0	58.9	46.7	15.5	177.5
15	5.0	137.4	28.4	17.5	223.1
20	5.0	247.4	7.1	5.8	302.9
30	5.0	561.6	3.6	4.0	505.4
30	15.0	176.7	11.8	4.3	484.9
40	15.0	323.3	2.2	1.0	711.3
50	15.0	511.8	3.5	1.9	942.8
70	15.0	1014.5	6.0	4.4	1383.4
100	15.0	2082.6			

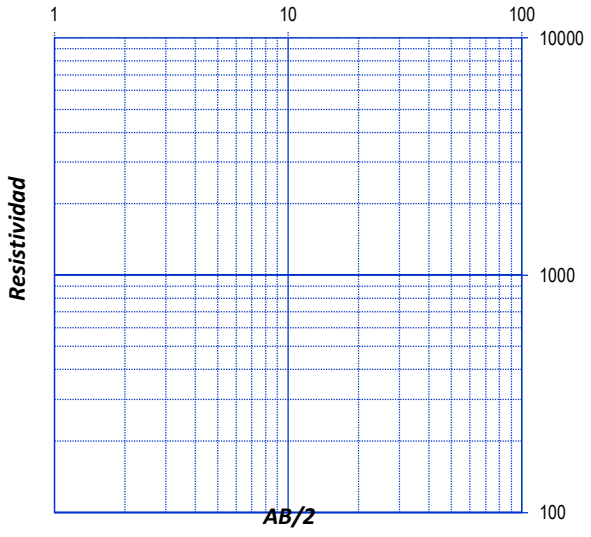
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 08

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 09

OPERADOR:	**B. P. M.**	INTERPRET:	**J. B. G.**	UBICACIÓN:	**ILAVAYA**		
ESTE:	**347377**	NORTE:	8082994	ALTITUD:	**2249**	FECHA:	**08/01/2014**

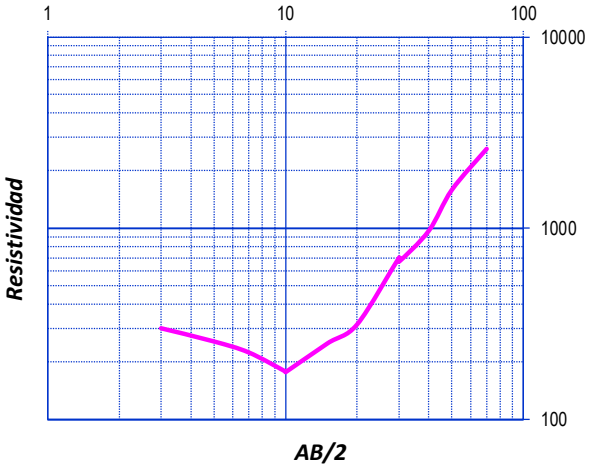
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	173.1	10.2	299.9
5	1.5	51.2	42.0	8.4	255.9
7	1.5	101.4	21.0	9.5	224.3
10	1.5	208.3	5.3	6.2	178.0
10	5.0	58.9	4.5	1.5	176.7
15	5.0	137.4	4.0	2.2	249.9
20	5.0	247.4	6.1	4.8	314.4
30	5.0	561.6	2.6	2	701.8
30	15.0	176.7	5.3	1.4	669.0
40	15.0	323.3	7.8	2.6	970.0
50	15.0	511.8	17.1	5.5	1587.6
70	15.0	1014.5	8.2	3.2	2599.6
100	15.0	2082.6			

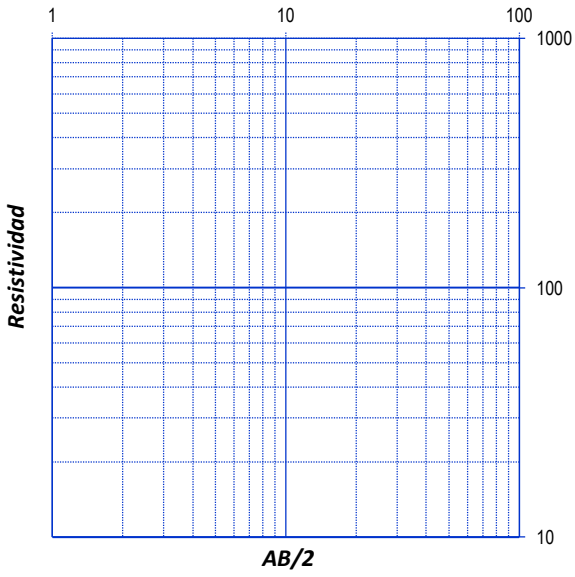
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 09

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 10

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347359	NORTE:	8082959	ALTITUD:	2247	FECHA:	08/01/2014

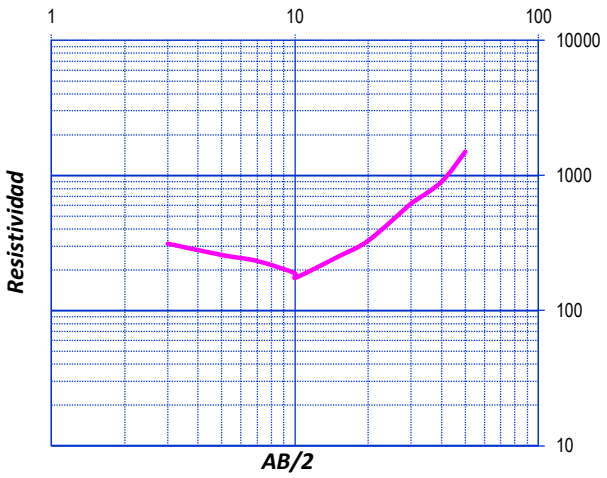
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	216	12.2	312.9
5	1.5	51.2	43.3	8.6	257.7
7	1.5	101.4	13.3	5.8	232.6
10	1.5	208.3	6.8	7.5	188.8
10	5.0	58.9	21	7.1	174.2
15	5.0	137.4	14.2	7.8	250.2
20	5.0	247.4	9.6	7.2	329.9
30	5.0	561.6	9.2	8.3	622.5
30	15.0	176.7	16.8	5.4	622.5
40	15.0	323.3	8.9	3.2	899.2
50	15.0	511.8	4.1	1.4	1498.9
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

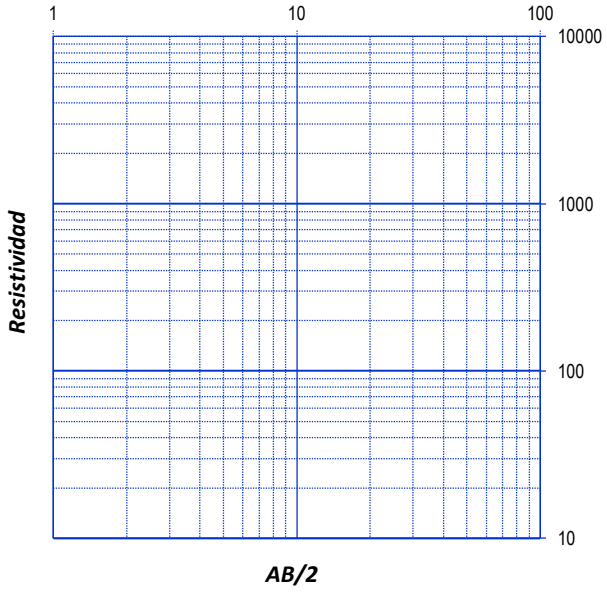
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 10

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.
CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 11

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347356	NORTE:	8082970	ALTITUD:	2248	FECHA:	08/01/2014

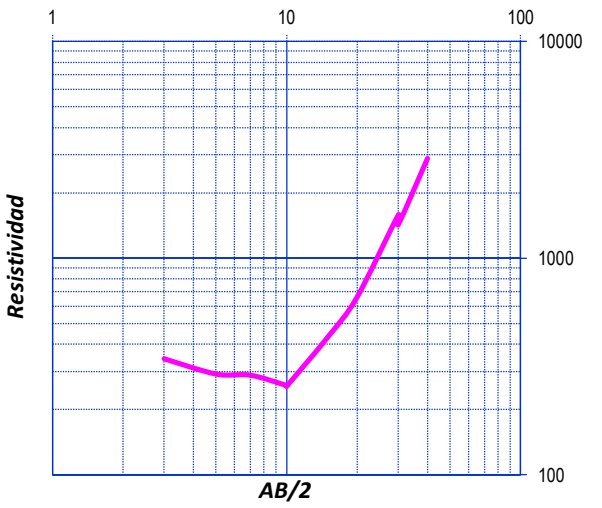
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	106.9	5.5	343.5
5	1.5	51.2	40.5	7.1	292.0
7	1.5	101.4	23.6	8.3	288.5
10	1.5	208.3	10.3	8.3	258.4
10	5.0	58.9	38.7	8.9	256.1
15	5.0	137.4	4.4	1.4	432.0
20	5.0	247.4	4.0	1.5	659.7
30	5.0	561.6	5.9	2.1	1577.7
30	15.0	176.7	12.1	1.5	1425.5
40	15.0	323.3	9.8	1.1	2880.5
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

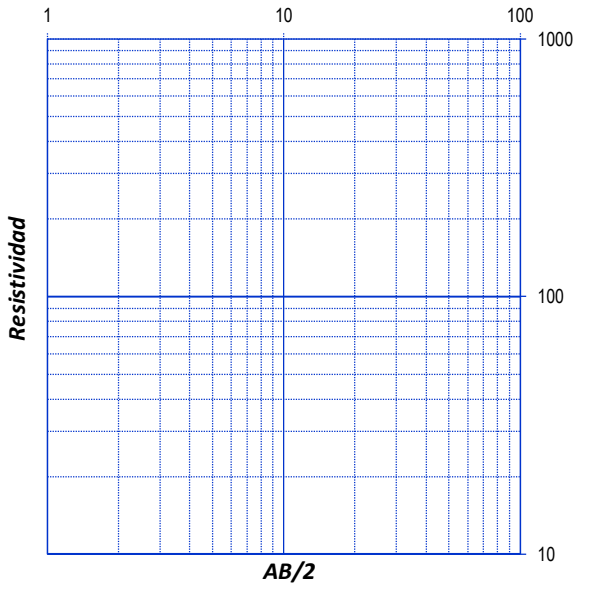
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 11

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 12

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347350	NORTE:	8082986	ALTITUD:	2249	FECHA:	08/01/2014

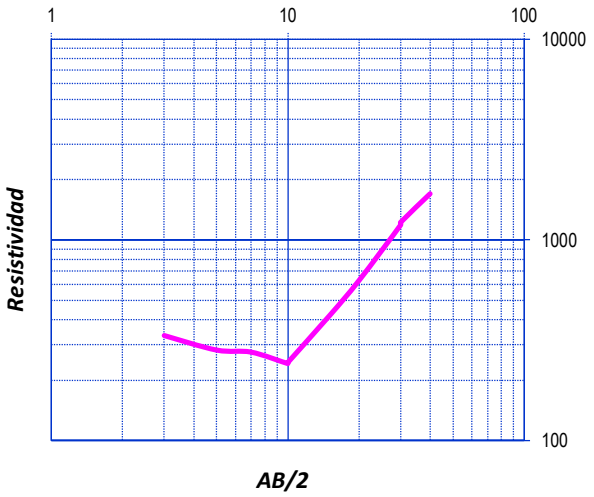
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	94.4	5	333.6
5	1.5	51.2	33.1	6	282.4
7	1.5	101.4	8.7	3.2	275.8
10	1.5	208.3	7.2	6.2	241.9
10	5.0	58.9	13.3	3.2	244.8
15	5.0	137.4	6.7	2.2	418.6
20	5.0	247.4	3.8	1.5	626.7
30	5.0	561.6	1.9	0.9	1185.5
30	15.0	176.7	8.3	1.2	1222.3
40	15.0	323.3	10.5	2	1697.4
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

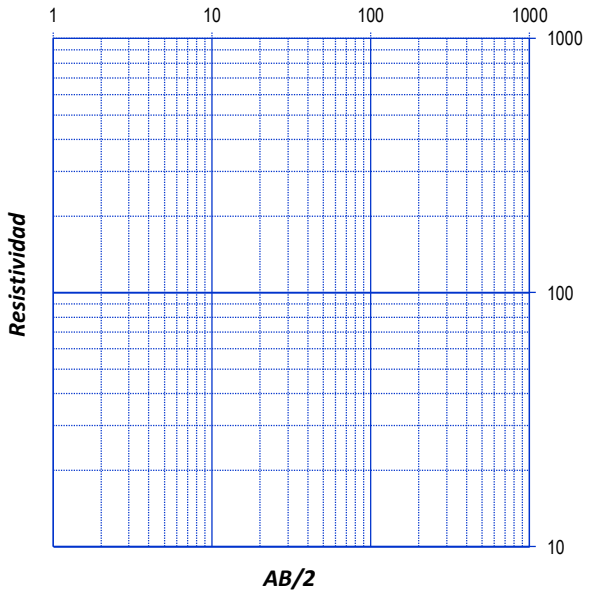
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 12

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 13

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347303	NORTE:	8082955	ALTITUD:	2250	FECHA:	08/01/2014

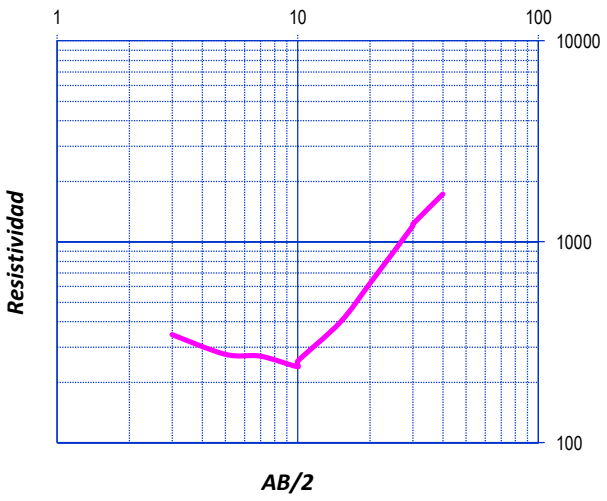
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	199.4	10.2	345.5
5	1.5	51.2	52.7	9.8	275.6
7	1.5	101.4	14.8	5.6	269.9
10	1.5	208.3	5.1	4.5	239.1
10	5.0	58.9	28.1	6.5	255.5
15	5.0	137.4	23.7	8.2	398.5
20	5.0	247.4	11.3	4.5	625.3
30	5.0	561.6	7.6	3.6	1198.8
30	15.0	176.7	20.7	3.0	1223.9
40	15.0	323.3	13.3	2.5	1728.5
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

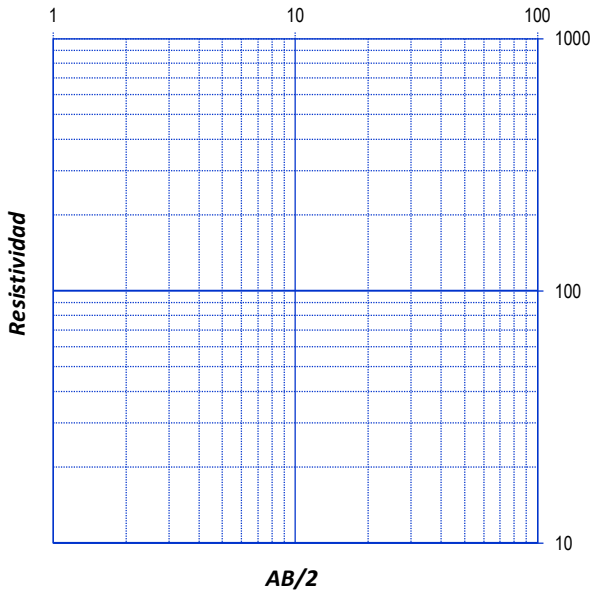
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 13

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 14

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347303	NORTE:	8082945	ALTITUD:	2250	FECHA:	08/01/2014

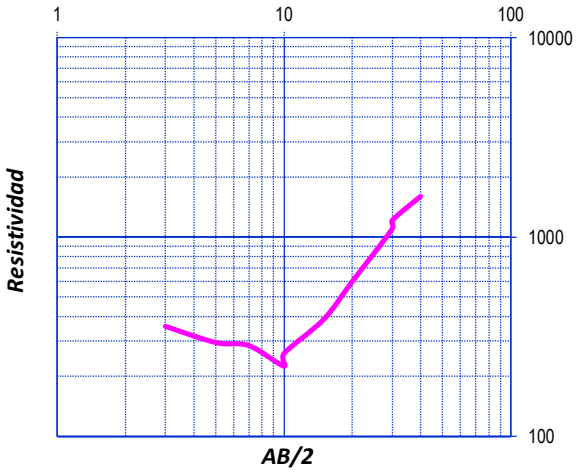
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	197.70	9.8	356.5
5	1.5	51.2	60.60	10.5	295.7
7	1.5	101.4	23.30	8.3	285.4
10	1.5	208.3	7.70	7.2	225.1
10	5.0	58.9	27.30	6.2	260.2
15	5.0	137.4	14.30	5.1	387.4
20	5.0	247.4	10.10	4.2	598.4
30	5.0	561.6	12.10	6.2	1098.2
30	15.0	176.7	51.40	7.5	1211.2
40	15.0	323.3	10.30	2.1	1598.5
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

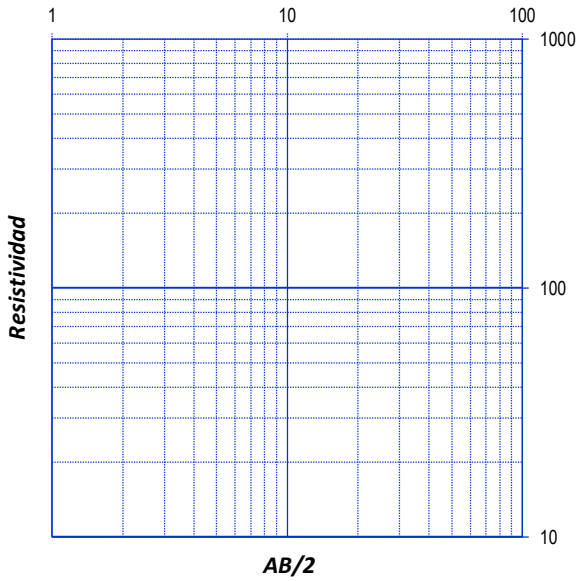
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 14

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV 15

OPERADOR:	**B. P. M.**	INTERPRET:	**J. B. G.**	UBICACIÓN:	**ILAVAYA**		
ESTE:	**347307**	NORTE:	**8082933**	ALTITUD:	**2246**	FECHA:	**08/01/2014**

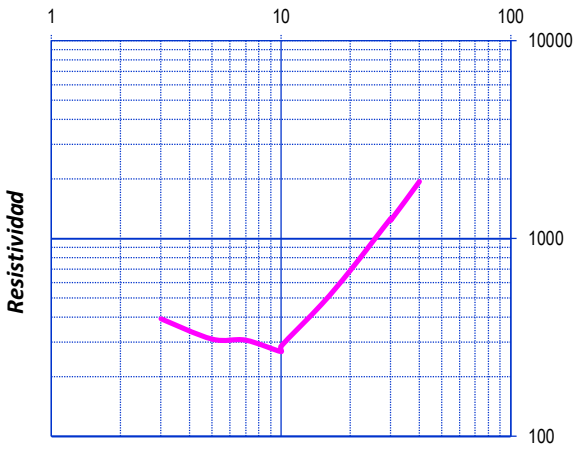
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	278.1	12.5	393.2
5	1.5	51.2	7.2	1.2	310.5
7	1.5	101.4	28.4	9.4	306.8
10	1.5	208.3	10.5	8.2	268.5
10	5.0	58.9	30	6.2	285.9
15	5.0	137.4	7.4	2.2	465.2
20	5.0	247.4	8.9	3.2	689.7
30	5.0	561.6	9.4	4.2	1264.0
30	15.0	176.7	7.6	1.1	1235.2
40	15.0	323.3	12.6	2.1	1941.2
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

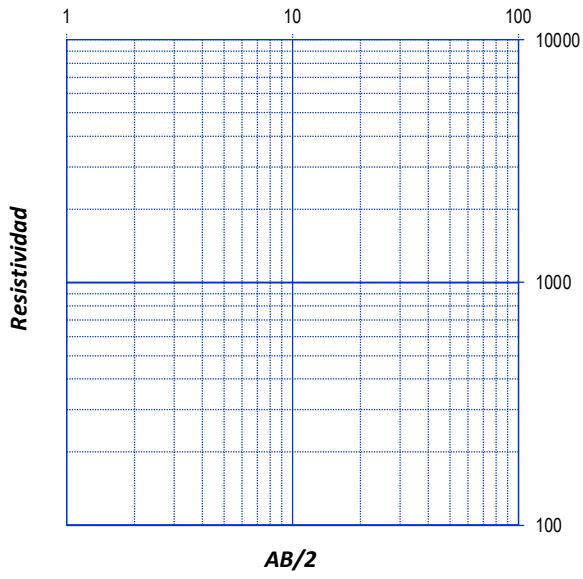
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 15

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS • SUPERVISION • ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULLKO

SEV 16

OPER.:	B. P. M.	INTERP.	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347332	NORTE:	8082961	ALTITUD:	2249	FECHA:	08/01/2014

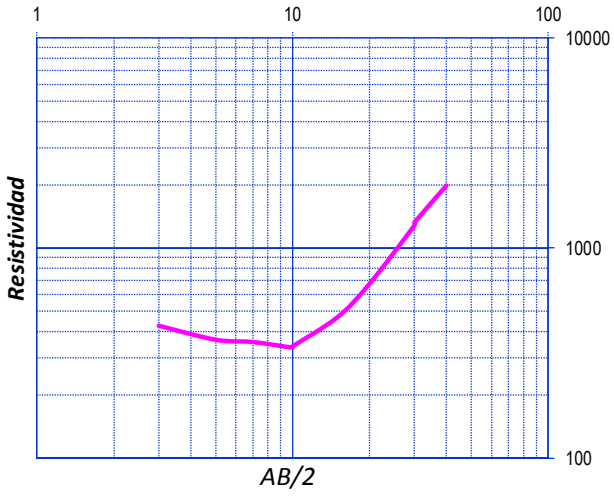
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	125.5	5.2	426.6
5	1.5	51.2	30.7	4.3	365.9
7	1.5	101.4	21.8	6.2	356.8
10	1.5	208.3	8.2	5.1	335.6
10	5.0	58.9	18.4	3.2	340.1
15	5.0	137.4	4.0	1.2	468.7
20	5.0	247.4	5.7	2.1	675.9
30	5.0	561.6	7.9	3.5	1283.5
30	15.0	176.7	30.7	4.1	1325.2
40	15.0	323.3	15.3	2.5	1985.5
50	15.0	511.8			
70	15.0	1014.5			
100	15.0	2082.6			

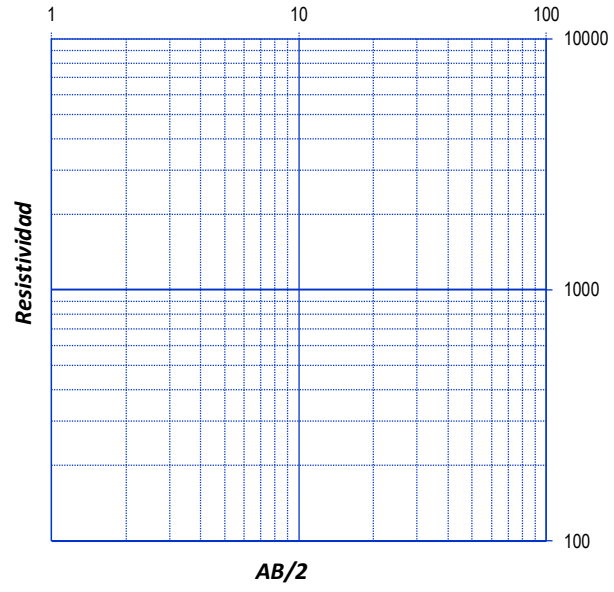
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 16

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS • SUPERVISION • ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV
17

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347372	NORTE:	8082974	ALTITUD:	2248	FECHA:	08/01/2014

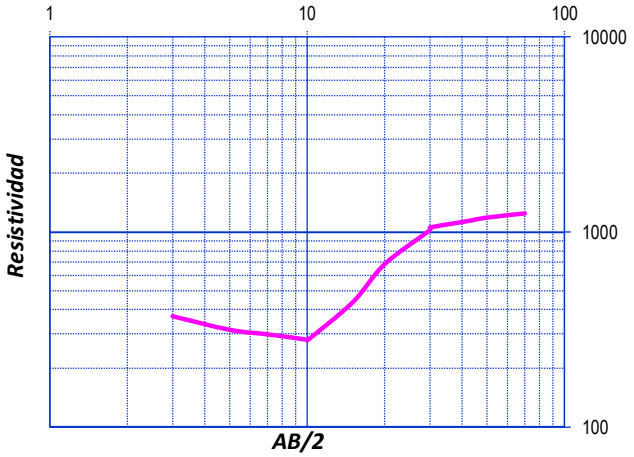
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7	108.9	5.2	370.2
5	1.5	51.2	38.1	6.2	315.2
7	1.5	101.4	25.0	8.5	298.9
10	1.5	208.3	5.6	4.2	280.5
10	5.0	58.9	15.1	3.2	278.0
15	5.0	137.4	16.6	5.3	435.6
20	5.0	247.4	3.3	1.2	685.1
30	5.0	561.6	5.8	3.2	1024.2
30	15.0	176.7	12.5	2.1	1056.2
40	15.0	323.3	5.2	1.5	1125.2
50	15.0	511.8	3.0	1.3	1186.5
70	15.0	1014.5	2.4	2.0	1245.9
100	15.0	2082.6			

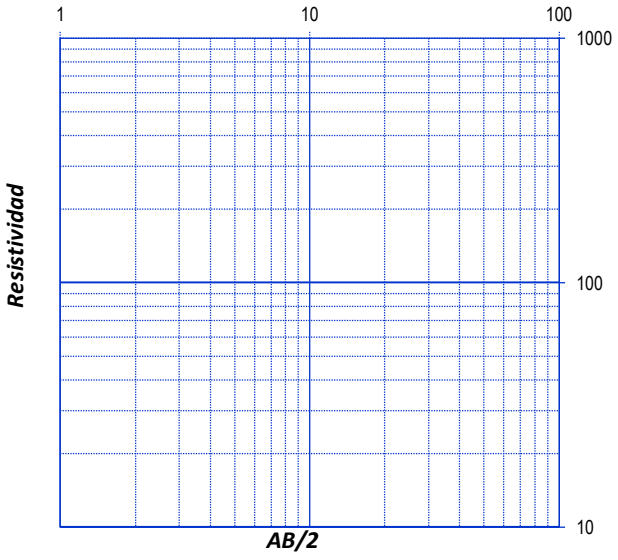
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 17

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS ▲ EXPERTIZION ▲ ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 18

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347462	NORTE:	8082921	ALTITUD:	2263	FECHA:	08/01/2014

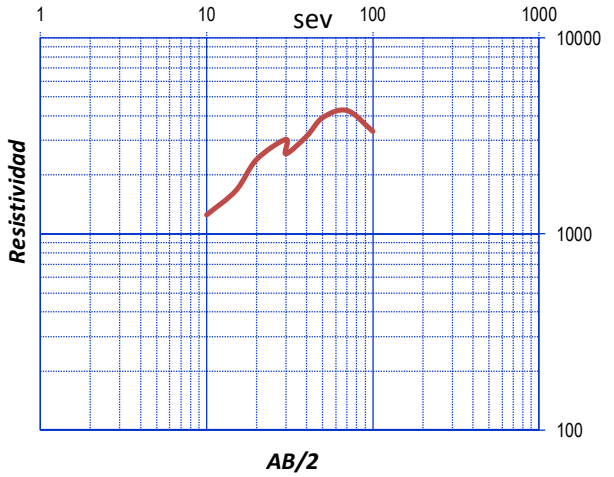
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7			
5	1.5	51.2			
7	1.5	101.4			
10	1.5	208.3			
10	5.0	58.9	182.7	8.6	1251.4
15	5.0	137.4	105.4	8.7	1665.1
20	5.0	247.4	152.3	15.7	2399.9
30	5.0	561.6	78.9	14.6	3034.7
30	15.0	176.7	150.7	10.4	2560.7
40	15.0	323.3	94.6	9.7	3153.2
50	15.0	511.8	57.5	7.5	3923.9
70	15.0	1014.5	84.4	20.1	4259.8
100	15.0	2082.6	11.7	7.3	3337.9

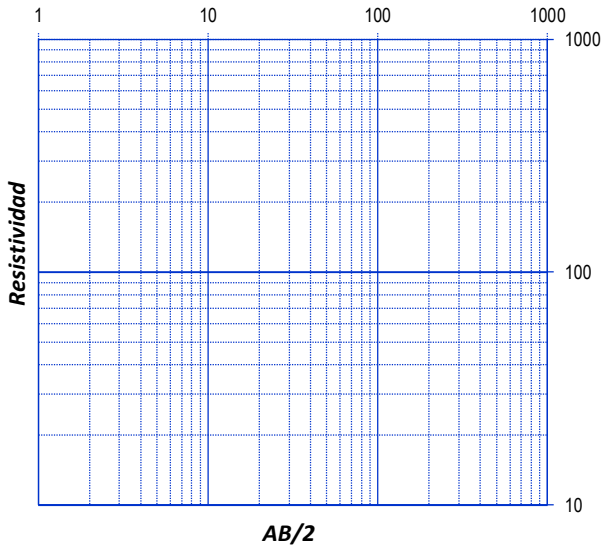
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 18

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE SEV - REPRESA KULKO

SEV 19

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347383	NORTE:	8082909	ALTITUD:	2261	FECHA:	08/01/2014

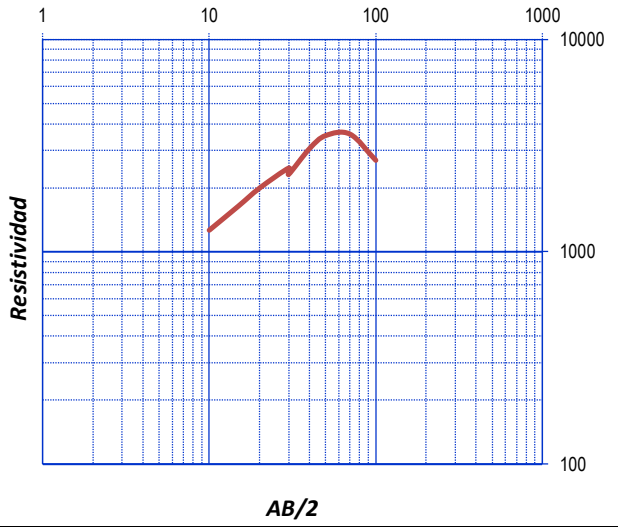
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7			
5	1.5	51.2			
7	1.5	101.4			
10	1.5	208.3			
10	5.0	58.9	265.7	12.4	1262.2
15	5.0	137.4	144.6	12.1	1642.5
20	5.0	247.4	95.7	11.9	1989.6
30	5.0	561.6	54.7	12.4	2477.2
30	15.0	176.7	162.4	12.4	2314.4
40	15.0	323.3	126.8	13.4	3059.5
50	15.0	511.8	97.8	14.2	3525.1
70	15.0	1014.5	54.7	15.5	3580.1
100	15.0	2082.6	15.4	11.9	2695.2

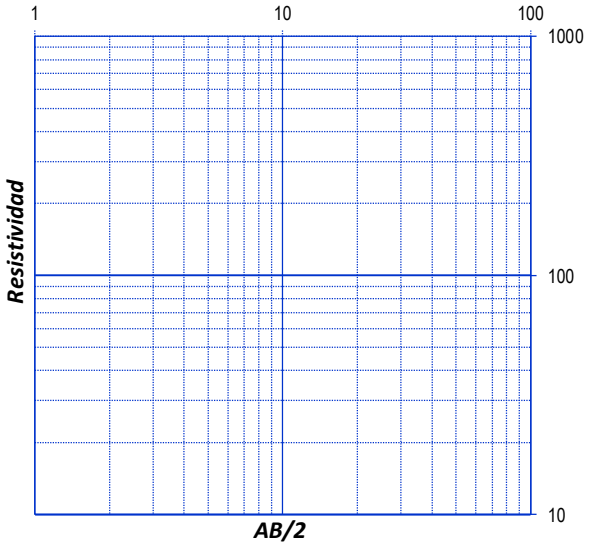
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 19

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



HC & ASOCIADOS S.R.L.

CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSION Y DESARROLLO DE RECURSOS

PROYECTOS • SUPERVISION • ASESORIA

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
SEV - REPRESA KULKO

SEV
20

OPERADOR:	B. P. M.	INTERPRET:	J. B. G.	UBICACIÓN:	ILAVAYA		
ESTE:	347348	NORTE:	8082833	ALTITUD:	2272	FECHA:	08/01/2014

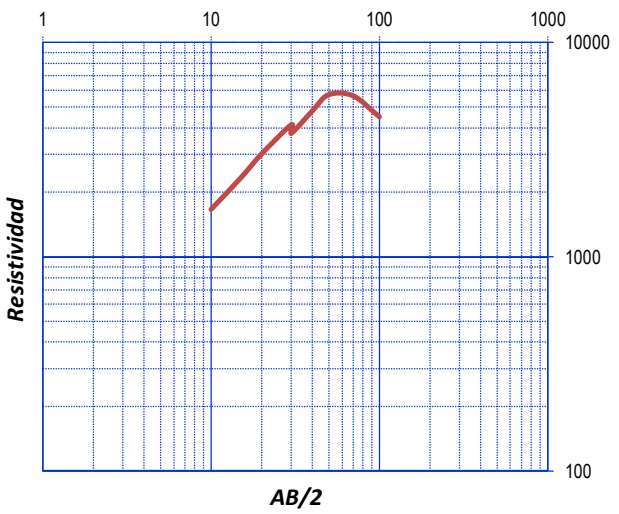
PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

AB/2 (m)	MN (m)	K	ΔV (mA)	I (mA)	ρa (Ohm-m)
1	0.5	5.9			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	1.5	17.7			
5	1.5	51.2			
7	1.5	101.4			
10	1.5	208.3			
10	5.0	58.9	155.4	5.5	1664.33
15	5.0	137.4	212.3	12.5	2334.37
20	5.0	247.4	100.3	8.2	3026.14
30	5.0	561.6	112.7	15.3	4136.47
30	15.0	176.7	335.1	15.7	3771.8
40	15.0	323.3	170.9	11.5	4804.86
50	15.0	511.8	136.2	12.2	5713.91
70	15.0	1014.5	75.6	13.6	5639.29
100	15.0	2082.6	25.5	11.8	4500.57

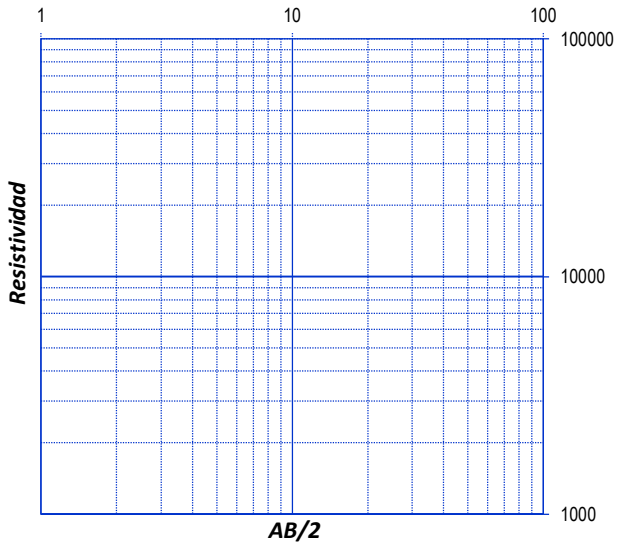
GRÁFICOS DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

SEV 20

CURVA DE CAMPO



CURVA INTERPRETADA



BIBLIOGRAFÍA

1. **Alva Hurtado J. (1992),** "Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones", Capítulo de Estudiantes ACI-UNI, Lima.
2. **Barúa, V. (1961),** Reconocimiento geológico. Zona Tacna y Moquegua. Bol. Soc. Geol. del Perú Tomo 36. Lima
3. **Bieniawski, Z.T. (1989)** "Engineering rock mass classifications". John Wiley & Sons, Inc. New York.
4. **Bellido, E. y Narváez, S, (1960),** Geología del cuadrángulo de Atico. Com. Carta Geol. Nac.-Vol. 1, No. 2
5. **Bellido, E. y Guevara, C. (1963),** Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí. Com. Carta Geol. Nac., Vol. 2 No. 5
6. **Castro, L. (1960),** Estudio geológico en el departamento de Tacna. Tesis Doctoral. Universidad Nac. Mayor de San Marcos. Lima (inédito).
7. **Ceccioni, G O and García, F. (1960),** Stratigraphy of Coastal Range in Tarapaca Province, Chile Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 44, No. 10.
8. **Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP) (1999),** Estudios geológicos-geotécnicos y de prospección de materiales. Guías Técnicas de Seguridad de Presas, nº 3. Madrid.
9. **Ferrer, M y González de Vallejo, L EDS (1999),** Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. IGME, Madrid.
10. **González de Vallejo L. (2002),** "Ingeniería Geológica" Prentie Hall, Madrid
11. **Instituto Científico y Tecnológico Minero (1989),** "Estudio de estabilidad de Taludes Marcona"
12. **Goodman, R. E. (1989)**, Introduction to rock mechanics. Ed. John Wiley &Sons. New York.
13. **Harrington, H. J. (1961),** Geology of parts of Antofagasta and Atacama Provinces, Northern Chile. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 54 No. 2.
14. **Hoek, E and Brown, E. T (1997),** Pratical estimates of rock mass strength. Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Elsevier, vol. 34 nº 8, pp 1165-1186.
15. **Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969),** "Soil Mechanics", John Wiley, New York.

16. **Terzaghi K. y Peck R.B. (1967),** “Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley, New York.
17. **Vesic A. (1973),** “Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones Superficiales”, JSMFED, ASCE, Vol. 99.
18. **Reglamento Nacional de Construcciones (1997),** “Norma Técnica de Edificaciones E-30-Diseño Sismorresistente”, Lima - Perú.
19. **Reglamento Nacional de Cimentaciones (1997),** “Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones”, Lima- Perú.